

KODAK GRAY SCALE

C

Red-Filter Negative

Cyan Printer

M

Green-Filter Negative

Magenta Printer

Y

Blue-Filter Negative

Yellow Printer

00

A

.10

.20

.30

.50

.70

M

1.00

1.30

1.60

B

1.90

black

3-color

white

cyan

violet

magenta

primary red

yellow

green

KODAK COLOR CONTROL PATCHES

These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.

Th. Hartig.

Der Füllkern, der diaphragma-
tische und der intercellulare
Zellkern.

UB Braunschweig

84



2234-371-6

Ans: Karsten, Hermann:

Botanische Untersuchungen
aus dem physiologischen Laboratorium
des landwirthschaftl. Lehranst. in Berlin.
Bd 1.

Berlin: Wiegandt & Hempel

2234-371 6



Der Füllkern, der diaphragmatische und der intercellulare Zellkern.

Von
Dr. Th. ^{endoc}Hartig.

Erste Abtheilung.

Der Füllkern.

(Hierzu Tafel XVIII und XIX.)*

Beim Studium von Entwicklungsfolgen gestattet die Mikroskopie selten mehr als die Anschauung einzelner Buchstaben; dem Beobachter ist es überlassen, daraus das Wort zusammenzusetzen, das bei durch- aus gleicher Erkenntniss der Buchstaben ein sehr verschiedenes wird, je nach Verschiedenheit seiner Zusammensetzung. Das richtige Wort zu finden, dazu reicht Sinnesschärfe und die genaueste Bekanntschaft mit den einzelnen Buchstaben nicht aus. Dasselbe Material zu dem einzig richtigen Gebäude zusammenzufügen, dazu gehören ausserdem die Gaben des „Pfadfinders“.

Nirgends hat dieser Umstand tiefer in die Wissenschaft eingegriffen, als in die vorliegenden Zellkern-Studien. Es tritt der Zellkern dem Beobachter theils als ein undeutlich und unregelmässig begrenzter, theils als ein bestimmt geformter, scharf umschriebener Körper vor

*) Zum Druck eingesendet den 19. September 1866.

Augen. Nimmt man den diffusen Zustand des Zellkerns nicht allein, sondern auch der verschiedenartigen Mehlkörper als den vorhergehenden an, den compacten Zustand hingegen als den endlichen, dann entspringt daraus die Lehre vom Urschleime (Protoplasma, Cytoblastem), dann sind alle organisirten, alle selbstständig sich ernährenden, nach bestimmten Gesetzen wachsenden, durch Selbsttheilung sich vermehrenden Pflanzentheile, dann sind der Zellkern, die Mehlkörper und die erste Zelle einer jeden Pflanze Gebilde einer Urzeugung aus formloser Materie. Das lebendige Thier, die wachsende Pflanze sind dann Heerde fortdauernder Schöpfungsacte. Nimmt man hingegen den compacten Zustand des Zellkerns als den vorhergehenden, den diffusen Zustand als den nachfolgenden einer Auflösung oder Zerstreuung an, dann folgt daraus eine Propagationslehre, die auch im Innern des lebendigen Geschöpfes eine Urzeugung nicht erkennt, daher der Annahme eines Urschleimes nicht bedarf. Abgesehen von der Umbildung organisirter Theile des Thier- oder Pflanzenkörpers zu niederen Thieren oder Pflanzen, erwächst nach ihr jedes lebendige Geschöpf aus einer, einem Mutterkörper gleicher Art entstammenden, durch den Act der Befruchtung individualisirten Urzelle, in Folge einer, auf Zellentheilung beruhenden Zellenmehrung. Diese erste Zelle des Individuums bildete sich aus einem ersten Zellkerne, der seinerseits aus einem ersten Kernkörperchen erwuchs, das aus einem Theile seiner selbst sich ergänzt. Nicht allein alle Zellen desselben Individuums sind durch Theilung und Umbildung entstandene Nachkommen der Urzelle, sondern, durch die gleichzeitige Zellkernteilung, auch alle übrigen organisirten Bestandtheile des Zellraumes: die Mehl- und Bläschen-Körper desselben, entstammend den Kernstoffkörnern des Zellkerns, während alle organischen, nicht organisirten Pflanzenstoffe: Zucker und Gummi, Schleim und Leim, Oele und Harze, theils Absonderungs-, theils Auflösungs-Producte vorgebildeter organisirter Pflanzentheile sind.

So weit tragende Gegensätze in einer der wichtigsten Grundfragen physiologischer Wissenschaft entspringen denselben Wahrnehmungen, je nachdem man den verflüssigten, zerstreuten, oder den festen Zustand des Zellkerns als den vorhergehenden hinstellt, und es ist gewiss von grosser Wichtigkeit, dass hierüber eine Einigung der Arbeiter am Mikroskope eintrete, denn nur das Mikroskop, im Zusammenwirken

mit physicalischen und chemischen Agentien, kann hierüber Aufschluss gewähren.

Seit ich im Jahre 1842 die Lehre vom Zellschlauche (Ptychodeschlauch, Primordialschlauch) in die Wissenschaft einführte, habe ich mich bemüht, beweiskräftiges Material zu sammeln für die von mir vertheidigte Fortpflanzungs-Theorie.

Anknüpfend an die, in meiner Schrift: Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims, Leipzig 1858, zusammengestellten Beobachtungen der Entstehung des Zellkerns aus dem durch Selbsttheilung sich mehrenden Kernkörperchen, der Zellenbildung aus dem Zellkerne, der Zellenmehrung durch Zellentheilung, der Entstehung verschiedenartiger organisirter Körper des Zellraumes aus den Kernkörpern des, mit jeder Zellentheilung sich theilenden und in die Tochterzellen eingehenden Tochterzellkerns, stelle ich nachfolgend diejenigen Beobachtungen zusammen, um die, seit dem Erscheinen jener Schrift, meine Kenntnisse in dieser Richtung sich erweitert und vervollständigt haben.

Im terminalen Theilungsgewebe des aufsteigenden und im subterminalen Theilungsgewebe des absteigenden Knospenwärtchens, im lateralen Theilungsgewebe der Markstrahlen und im basalen Theilungsgewebe junger Blätter wie im Pollen bildenden Zellgewebe junger Antheren ist der Zellkern um so grösser im Verhältniss zur einschliessenden Zelle, je jünger letztere ist. In den jüngsten Zellen dieser Theilungsgewebe füllt er den Raum derselben vollständig aus und habe ich ihn aus diesem Grunde Füllkern (Nucleid) genannt.

In allen den eben genannten Fällen bildet der Füllkern allein den Inhalt der, aus einer Cellulosewandung bestehenden Zelle, ein Zellschlauch ist nicht vorhanden. In allem Uebrigen ist der Füllkern ein normal gebildeter Zellkern. Seine, unter dem Druck auf das Deckglas wachshart und elastisch erscheinende Substanz färbt sich in Karminlösung tiefroth. Im gefärbten Zustande erkennt man leicht seine Zusammensetzung aus vielen Kernkörperchen (granula), in deren Complex ein oder mehrere, durch einen lichten Saum getrennte Kernkörperchen (nucleoli) eingeschlossen sind. Diese letzteren vermehren sich durch Selbsttheilung, indem sie sich strecken und durch die Bisquitform zur Zweitheilung gelangen, an der dann auch der lichte Saum Theil nimmt (Fig. 2 c). Diese Selbsttheilung des Kernkörperchens

durch Abschnürung geht stets der Theilung des Zellkerns vorher und bestimmt die Lage und Richtung der Theilungsflächen.

Die in Ebenen-, Menisken- oder in Kugelmantel-Flächen eintretende Zellkerntheilung (Fig. 1, b p h) vollzieht sich dadurch, dass die in der Theilungsfläche liegenden Kernkörperchen sich in Kernbläschen (Physalid, Vacuole), wahrscheinlich durch Flüssigkeits-Aufsaugung ausdehnen, womit sie zugleich das Vermögen der Farbenspeicherung verlieren. Durch Resorption der sich berührenden Kernbläschenwände und durch Verwachsen der nicht in gegenseitiger Berührung stehenden Wandungsflächen der Bläschenschicht zu zweien parallelläufigen Membranen bekleiden sich Kernkörner zu beiden Seiten des, durch die Resorption entstandenen Spaltes mit einer neuen Hüllhaut, die sich der äusseren Hüllhaut des Mutterkerns anschliesst und dadurch die Integrität jedes der getrennten Zellkerntheile wieder herstellt.

Selbstverständlich lässt sich dieser Vorgang in seinem ganzen Verlauf an den Zellkernen selbst nicht beobachten. Man sieht an ihnen nicht mehr, als dass da, wo früher Kernkörnchen lagerten, später eine Schicht durch Karmin nicht mehr gefärbter Kernbläschen auftritt, dass an deren Stelle später eine Spaltfläche sich bildet und dass die dadurch getrennten Theilungsflächen des Zellkerns mit einer neuen Hüllhaut bekleidet sind, die sich der Hüllhaut der älteren Zellkernflächen unmittelbar anschliesst (Fig. 1, a—b, l—m, n—o).

Alles Uebrig obiger Erklärungsweise erschliesse ich aus anderen, der Beobachtung günstigeren Objecten. Dahin gehört besonders die Entwicklung der ächten Adventivknospen in dem grosszelligen Parenchym der Ueberwallungen kräftig gewachsener Schwarzpappel-Aeste, wie sich solche bilden, wenn man 2—3 Zoll dicke und eben so lange Abschnitte auf nassen Sand unter eine Glasglocke bringt. Wo eine Adventivknospe entstehen soll, steigert sich das Tempo der Theilungsgeschwindigkeit in einer, oder in einigen Nachbarzellen des neuen Rindenparenchyms der Ueberwallung. Es bilden sich dadurch Nester eines kleinzelligen Parenchyms, einige Zellen tief unter der Aussenfläche der Ueberwallung, in dessen Innerem eine kappenförmige Schicht kleiner Zellen jenen Vorgang theilweiser Resorption und theilweiser Verwachsung der Schichtzellen-Wände zu einer, das neue Knospenwärzchen bekleidenden Oberhaut auf's Bestimmteste erkennen lässt (Lehrb. für Förster, 10. Aufl. Bd. I, p. 366, Fig. 53). Auch die Ent-

wicklung der Holzhöhren aus dem cambialen Fasergewebe der Laubhölzer liefert überzeugende Beläge theilweiser Resorption theilweiser Verwachsung der Wandungstheile ein und derselben Zelle zu geschlossenen Hautflächen (s. auch Botan. Ztg. 1854, p. 1, Taf. I, Fig. 1—13).

Die Kernkörner des von einer Hüllhaut eingeschlossenen Zellkerns sind es, welche das Material zu allen organisirten Elementartheilen der Zelle liefern. Auf diesem Wege verschiedenartiger Umbildung erscheint das Kernkörnchen zunächst nicht mehr solid, sondern mit einem von einem lichten Saume umgebenen Centralkörnchen, wie solches die Figuren 2 d, f, m, r, s, e darstellen. Für diesen Zustand erster Umbildung habe ich den Namen „Elementarkörperchen“ gewählt.

Ich lasse nun als Belag des Gesagten eine Reihe einzelner Beobachtungen folgen, mit dem Bemerken, dass in den gegebenen Zeichnungen der Zellkern durch gleichmässig dunklere Schattirung bezeichnet ist.

1. Vom Füllkern der Spaltdrüsen.

Taf. XVIII, Fig. 1 a—u.

Für das Studium der Entwicklungsfolge haben alle Objecte besonderen Werth, an denen erstere sich aus der Stellung der verschiedenen Alterszustände gleichbedeutender Organe ergibt; nicht allein der historischen Folge wegen, sondern auch dadurch, dass das, am jüngeren oder älteren Organe Beobachtete auf Dinge aufmerksam macht, die am vereinzelter Objecte möglicherweise übersehen oder unrichtig gedeutet worden wären.

Ein in dieser Hinsicht ausgezeichnetes Material liefert die Oberhaut möglichst junger Blätter, wenn sie mittelst Nadel und Pinzette vom Diachym bis zur Blattbasis hinab abgezogen, mit der Zellen- seite nach oben gewendet, auf der Objectplatte ausgebreitet und unter Karmin-Glycerin gebracht wird. Vollständige Färbung des Zellkerns tritt dann in 3—4 Tagen ein. Blätter, deren Oberhaut sich nicht bis zur Blattbasis abziehen lässt, muss man 6—8 Stunden in wässriger Karminlösung kochen. *)

*) Bei allen Zellkern-Studien ist die Färbung des Objects unbedingt nothwendig. bediene mich dazu einer Karminlösung in schwacher Kalilauge, von der nur

In allen Fällen enden die, der geschlossenen Cuticula unmittelbar anliegenden Oberhautzellen an der Basis des Blattes in einer permanenten Mutterzelle, die nur einseitig, nach der Blattspitze hin, Tochterzellen durch Selbsttheilung bildet.

Diese Mutterzelle enthält stets einen Füllkern, d. h. einen Zellkern, der den ganzen Zellraum ausfüllt, dessen Oberhautzellenbildung in Fig. 1 a—f aus jungen Blättern von *Lilium candidum* dargestellt ist.

Fig. a) Der Füllkern mit einem in der Theilung begriffenen Kernkörperchen.

Fig. b) Derselbe mit einer Querschicht in Kernbläschen verwandelter Kernkörnchen zwischen den beiden getrennten Kernkörperchen.

Fig. c) In der Fläche der Kernbläschen hat sich die Zweitheilung vollzogen. Im Innern des der Blattspitze zugewendeten Tochter-Füllkerns spaltet sich um das Tochter-Kernkörperchen, durch eine kugelmantelförmige Schicht von Kernbläschen, der neue Zellkern aus.

Fig. d) In dem Tochter-Füllkern hat der Zellkern nach der Blattbasis hin ein Grossbläschen (Makrophysalid) entwickelt und ist durch dieses an das obere Ende der verlängerten Tochterzelle hingedrängt. Sein Kernkörperchen erleidet erneute Zweitheilung. Der Zellschlauch einer Oberhautzelle ist hiermit vollendet. Seine äussere Schlauchhaut ist die erweiterte Hüllhaut des Mutterkerns, die innere Schlauchhaut ist die Haut des Grossbläschens, erfüllt mit wasserklarer Flüssigkeit,

soviel zugesetzt werden darf, dass noch ein geringer Rückstand ungelösten Karmins verbleibt. Die Lösung wird dann filtrirt und theils mit Wasser, theils mit Alkohol und Glycerin in verschiedenen Graden verdünnt. Lösungen von Jod in Wasser, Alkohol und Glycerin sind gleichfalls nothwendige Reagentien. Wässrige Jodlösung fördert die rasche Aufnahme des Farbstoffs in hohem Grade. Kocht man das zu untersuchende Zellgewebe in Karminlösung (kleinere Zellgewebsmengen über der Lampe in langen, cylindrischen Probirgläsern), bis die Zellen mit der Präparirnadel oder unter dem Druck des Deckglases sich unverletzt trennen, dann wird man finden, dass nur der Zellkern und dessen jüngste Producte sich roth gefärbt haben. Auch in nicht gekochten, aber unverletzten Zellen sind alle übrigen festen und flüssigen Körper, das Klebermehl ausgenommen, vollständig diachroman, während in allen durch Schnitt oder Druck geöffneten Zellen auch Schleim- und Schlauchhäute sich färben. Bei schwierigen Objecten ist starke Blendung durch Drehscheibe oder Cylinder bei guter Beleuchtung nothwendig. Weisse Wolken geben auch in diesem Falle bis zu 400maliger Linearvergrösserung das beste Licht, besonders für Farbenunterschiede. Bei trübem oder bei ganz klarem Himmel arbeite ich auch bei Tage vor einer Solarölampe mit breitem Brenner und Reflector. Meine Augen befinden sich dabei ganz wohl.

zwischen beiden Schlauchhäuten lagern im Schlauchsaft diejenigen Kernkörnchen und Kernbläschen, welche im Füllkern (c) ausserhalb der kugelmantelförmigen Bläschenschicht verbleiben.

Fig. e) Im Zellschlauch der Oberhautzelle bildet sich zwischen den beiden nun getheilten und auseinandergetretenen*) Kernkörperchen eine Querschicht von Kernbläschen als Vorbereitung einer erneuten Zweitheilung, während im permanenten Mutterkerne die Biscuitform des Kernkörperchens ebenfalls eine folgende Theilung ankündigt.

Fig. f) Die Zweitheilung des Zellkerns im Oberhautzellschlauche ist vollendet. Aus der oberen plattenförmigen Hälfte bilden sich später die Spaltdrüsen; die untere, dem Zellschlauch der Oberhautzelle verbleibende Hälfte rundet sich zur normalen Zellkernform.

Fig. g) Die Zwischenzelle (z) hat sich ohne weitere Veränderungen vergrössert, sie ist noch ein wahrer Füllkern. Die Mutterzelle schreitet zu erneuter Zweitheilung und ihre obere Hälfte (x) wiederholt den von b—f dargestellten Entwicklungsverlauf. In der Oberhautzelle (o) erleidet der Zellkern stets eine Ortsveränderung, meist dadurch, dass er im Schlauchraume bis zur Mitte der Zelle hinabsteigt und von dort aus in den inneren Zellraum sich abschnürt (g'), um dort, aus sich selbst, einen neuen Zellschlauch zu bilden, während der körnige Bestand des primitiven Zellschlauchs zur Cellulosewandung sich zusammenfügt, die beiderseits von den Schlauchhäuten für immer bekleidet bleibt. Seltener geht hier die Einstülpung**) von der oberen Lagerstätte des Zellkerns aus. In den langgestreckten Oberhautzellen von *Narcissus* ist es mir einigemal geglückt, an abgezogener Oberhaut die Ortsveränderung des Zellkerns, das Hinabsteigen desselben in den Innenraum der Zelle unmittelbar zu beobachten. Sie nahm nur wenige Sekunden in Anspruch.

*) Die Frage, wie es geschehen kann, dass innerhalb einer nicht flüssigen, körnigen Masse die Tochter-Kernkörperchen thatsächlich auseinandertreten, möchte ich durch die Annahme beantworten, dass in der Theilungsebene eine gesteigerte, auf Theilung beruhende Mehrung der Kernkörner eintrete.

**) Aus diesen Einstülpungen erklärt sich recht hübsch die Thatsache: dass da, wo sich mehrere Zellwände in einander bilden, wie in vielen Bastfasern, die Windungen des Cellulosebandes eines jeden entgegengesetzt verlaufen den Windungen des vorher gebildeten Bandes (Bot. Ztg. 1855, p. 461, Taf. IV, Fig. IX b). In der That ist der Windungsverlauf in allen eingeschachtelten Zellwänden derselbe, durch die Einstülpung wird er aber scheinbar in jeder jüngeren Zellwand ein entgegengesetzter.

Mehrere Beobachtungen deuten darauf hin, dass die den Zellkern bewegende Kraft Bläschenbildung ist, auf der, dem Bewegungsziele entgegengesetzten Seite des Zellkerns.

Von hier ab verfolge ich nun die Veränderungen, welche die zur Spaltdrüse sich entwickelnde Zwischenzelle (Fig. g, z) erleidet.

Fig. 1h zeigt den Füllkern dieser Zwischenzelle ohne die verschliessende Zellwandung, die in allen nachfolgenden Zeichnungen zu Fig. 1 ebenfalls nicht mitgezeichnet ist. In ihr wiederholt sich zunächst die Ausspaltung eines centralen Zellkerns durch eine Schicht kugelmantelförmiger Bläschen, die ich hier, wie überall, etwas grösser gezeichnet habe, als sie im Verhältniss zum Füllkern wirklich sind, grösserer Deutlichkeit der Abbildung wegen. Durch die Hautbildung aus dieser Bläschenschicht erhält einestheils der centrale Zellkern, andererseits die innere Fläche des peripherischen Theils der Kernkörnchen des Füllkerns ihre Hüllhaut. In dieser peripherischen Kernkörnchen-Schichtung entwickelt sich nun eine zweite kugelmantelförmige Schicht von Kernkörnern zu grösseren Bläschen (i), durch deren Wachsthum und Canalisirung zu sogenannten Schleimfäden ein Rest von Kernkörnern nach der äusseren Hüllhaut gedrängt wird, die in dem Zustande k durch Karminlösung aber noch roth gefärbt wird; erst später, in Cellulosekörner umgewandelt, zu der den beiden Spaltzellen gemeinschaftlichen Cellulosewandung untereinander verwachsen (l), die sich dann durch scharfe, doppelte und parallellläufige Contourirung und dadurch vom vorhergehenden Zustande unterscheidet, dass sie von da ab Farbstoffe nicht mehr aufnimmt.

Während dieser Zellwandbildung vergrössert sich der centrale Zellkern zu einem neuen Füllkerne, der sich darauf durch eine Längsschicht von Kernbläschen in zwei gleich grosse Hälften theilt (1, m).

In jeder dieser Füllkernhälften verwandelt sich nun wiederum, wie in i, eine kugelmantelförmige Schicht von Kernkörnern in Kernbläschen (n), die, unter sich verschmelzend, die Hüllhaut einer peripherischen und einer centralen Füllkernmasse bilden, die beide von Karminlösung noch roth gefärbt werden (o). Das ist nicht mehr der Fall in der, von der gemeinschaftlichen Zellwandung noch zusammengehaltenen Doppelzelle p, woselbst sich die, jeder einzelnen Spaltzelle angehörende Zellwandung ebenso geklärt und scharf doppelt begrenzt hat, wie vor ihr die gemeinschaftliche Cellulosewandung (k—l). Mit

grösster Bestimmtheit lässt es sich verfolgen, dass es die in Fig. k und o gekörnelte und durch Karminlösung sich roth färbende Aussenschicht ist, die sich zu der, beiderseits von der Hüllhaut bleibend bekleideten Zellwandung umgebildet hat.

Bis zu diesem Zustande vorgeschritten, spaltet sich nun ein Zellkern in der Umgebung des Kernkörperchens durch eine meniskenförmige Kernbläschenschicht dergestalt aus, dass der Zellkern ein wandständiger wird (Fig. 1 p, rechts). Mit der Verschmelzung und Vergrösserung dieser Kernbläschen klärt sich die, ausser ihnen in dem neuen Zellkerne liegende Kernkörnchenmasse und erscheint von nun ab als eine getrübe, aber ungefärbte Flüssigkeit, in der mehr oder weniger zahlreiche Mehlkörper vertheilt sind, anfänglich meist sehr feinkörniges, in der Selbsttheilung begriffenes Stärkemehl, später Grümehl (p, linke Hälfte).

In den Figuren q und r habe ich verschiedene Zustände des Zellschlauchs jeder einzelnen Spaltzelle dargestellt: den Zellkern theils wandständig an der äusseren (p) oder an der inneren Schlauchseite (q) oder central (r); den inneren Schlauchraum ungetheilt, durch vollständige Resorption aller sich gegenseitig berührenden Bläschenwände (q, linke Hälfte) oder durchsetzt von den canalisirten, die Interzellularräume begrenzenden Bläschenhäuten.

Die Figuren q und r stellen isolirte Spaltzellen dar, wie man sie erhält, wenn man lange Zeit gekochte und in Glycerin-Karmin aufbewahrte junge Blätter mit der Präparirnadel zerlegt und die isolirte Oberhaut unter Deckglas drückt. Die beiden Drüsenzellen sind in q noch von der gemeinschaftlichen Zellwandung umgeben; in r ist die eine Hälfte derselben zerrissen und die ihr angehörende Spaltzelle weggeschwemmt. An der Stelle, wo in p zwischen den beiden Spaltzellen eine Luftblase gezeichnet ist, sieht man in q zwei halbspindelförmige Schattenflächen, die bei völliger Isolirung, wie in r, einem spindelförmig umschriebenen Raume entsprechen, der einer wirklichen Durchbrechung der den beiden Spaltzellen gemeinschaftlichen Zellwandung anzugehören scheint, wie ich aus der Verzerrung dieses Raumes unter dem Druck des Deckglases schliessen möchte.

Mit der Frage über das Offen- oder Geschlossensein der Oberhaut über den beiden Spaltzellen hat dieser Gegenstand aber nichts gemein, denn die Oberhaut selbst ist über dem Spalt der beiden Spaltzellen

überall und immer vollkommen geschlossen. Meine älteren Untersuchungen über diesen Gegenstand, mitgetheilt in meinem Lehrbuch der Forstbotanik, Taf. 28, 30, 31, seitdem bestätigt durch Trecul, finde ich auch heute noch vollkommen correct. Es liegt zwischen beiden Spaltzellen ein sehr zarthäutiges, reusenförmiges Organ, das an den beiden Enden durch verdickte Reifen wie eine Reuse ausgespannt ist (Fig. t), vom unteren Reifen aus sich in eine, die tiefer liegenden Zellen äusserlich bekleidende Haut fortsetzt, mit dem oberen Reifen der Oberhaut fest adhärirt (s), so dass, wenn durch anhaltendes Kochen oder Maceriren der Drüsenapparat sich von der Oberhaut gelöst hat, die Reuse noch an ihr haftet, deren Haut und Reifen mit der Oberhaut die relative Unzerstörbarkeit in concentrirter Schwefelsäure theilt. Da der ganze Zwischenapparat erst entsteht, nachdem die beiden Spaltzellen sich getrennt haben (m), dürfte er wohl ein Ausscheidungsproduct derselben und der tiefer liegenden Zellen des Blattes sein. Dieser Reusenapparat ist es, der an lebenden Pflanzen die häufig vorhandene Luftblase (p) einschliesst, mitunter aber auch eine körnige, farbenspeichernde Substanz enthält, die ich in Beziehung bringen möchte zu dem, was ich später als intercellularen Zellkern vorführen werde.

Durch lange andauernde Maceration oder, vereinzelt, auch durch Druck auf das Deckglas über gekochter und isolirter Oberhaut löst sich auch der obere Reusenring von der Oberhaut ab. Es zeigt sich dann die, durch Falten fortdauernd markirte Anlagerungsfläche der Spaltzellen bis auf eine kleine Hautfalte (u) rein und geschlossen. Tief braune Färbung der Oberhaut durch Jodglycerin lässt nirgends eine Oeffnung erkennen, weder im nassen noch im trocknen Zustande. Nur darüber bin ich noch nicht völlig im Klaren, ob der Reusenapparat Excretions-Product sei oder aus einer Einstülpung der inneren Oberhaut-Hüllschicht hervorgehe.

Vorstehend habe ich den einfachsten Spaltdrüsenbau beschrieben, wie er bei allen Lilien, Palmen, Gräsern und den meisten dicotylen Pflanzen besteht. Die von der Oberhautzelle abgeschnürte Zwischenzelle bildet hier allein durch Zweitheilung den Drüsenapparat.

Neben dieser habe ich bis jetzt noch zwei andere Entwicklungsarten aufgefunden. Besonders schön bei *Tradescantia* und *Commelina*, aber auch bei *Aloe*, *Agave*, *Yucca*, *Typha* schnüren sich von den vier, die Spaltzellen begrenzenden Nachbarzellen vier Nebenzellen ab und

bilden mit Ersteren einen complicirteren Drüsenapparat. Merkwürdig sind die hierbei eintretenden Formänderungen der theiligten Zellen; auch liegt hier ein Fall vor, in welchem die Wandbildung zwischen den getheilten Zellkernen der Nachbarzellen auf einer Einfaltung bereits fertiger Cellulosewandung zu beruhen scheint. Bei *Tradescantia* habe ich einigemal die Copulation des Zellschlauchs der Spaltzelle mit dem Zellschlauche der hinzutretenden seitlichen Nebenzelle vor Augen gehabt, ein an sich sehr versteckter Act des Zellenlebens höher entwickelter Pflanzen, dem ich aber die Correspondenz der Tüpfelcanäle benachbarter Zellen zuschreibe.

Bei *Vicia*, *Sedum*, *Plantago* etc. ist es eine einzelne Oberhautzelle, die zuerst eine Zweitheilung in diagonalen Richtung erleidet. Nur eine der beiden Theilzellen theilt sich darauf wiederum und dies wiederholt sich im Innern der Oberhautzelle vier bis fünf Mal in einer Schneckenlinie dadurch, dass es stets die, von der sterilen Tochterzelle entfernte Theilzelle ist, die einer erneuten Zweitheilung sich unterzieht. Erst die innerste, jüngste dieser Tochterzellen theilt sich dann zu den beiden Spaltzellen, in einer Spirallinie umlagert von den vorgebildeten sterilen Tochterzellen.

2. Der Füllkern des Blumenstaubs.

Alle Blütenstände, deren Blumen successiv erblühen, deren obere (*Tradescantia*) oder untere Blütenknospen (*Mirabilis*, *Verbascum* etc.) zur Blüthe geschritten sind, während die unteren oder oberen Knospen noch im frühesten Zustande der Entwicklung sich befinden, liefern in der Knospenfolge ebenfalls ein historisch geordnetes Material der Untersuchung, das um so werthvoller für den Beobachter ist, als in derselben Anthere grosse Mengen, meist gleich weit in der Entwicklung vorgeschrittener Pollenkörner beisammen liegen, die, wenn man die Antheren in Karmin-Glycerin, Karmin-Alkohol oder Karminwasser unter dem Deckglase zerdrückt, der Beobachtung unverletzt sich bloslegen.

Für die nachstehende Entwicklungsfolge wähle ich den Blumenstaub der *Tradescantia virginica*, einer in unseren Gärten häufigen Pflanze, die sich dadurch empfiehlt, dass sie fast das ganze Frühjahr und den Sommer hindurch blüht.

An der ährenförmigen Blüthe, deren oberste Blumen sich entfaltet haben, ist es ungefähr die dritte oder vierte Knospe von unten

nach oben gezählt, deren noch leicht zu isolirende Antheren, unter Deckglas in Karmin-Glycerin zerdrückt, den wurstförmig gekrümmten, cylindrischen Pollenkörper meist im Zusammenhange ausgeben. Die Pollen-Mutterzellen bilden hier noch ein zusammenhängendes, von einer Hüllhaut umgebenes Gewebe, dessen Zellen mit einem rasch sich tiefroth färbenden Füllkerne ausgestattet sind. Fig. 2 a stellt diesen letzteren innerhalb der Mutterzelle dar, die hier noch nicht zur Cellulose-Wandung ausgebildet ist, sondern den Füllkern in einer lichterem, aber dennoch noch etwas gefärbten und mit Körnchen erfüllten Schicht umgiebt. Der tiefroth gefärbte Zellkern enthält zahlreiche Kernkörperchen, die oft so nah nebeneinander stehen, dass deren Lichtsaumränder sich berühren. Durch stärkeren Druck auf das Deckglas erkennt man schon jetzt einen lichten Bläschensaum um den Zellkern (b), an dessen Stelle bei starker Quetschung eine kugelmantelförmige Spaltschicht tritt (c), die den Füllkern von der künftigen Cellulosewandung der Mutterzelle trennt. Bei starker Pressung verschwindet die körnige Structur des Zellkerns, nicht aber der ungefärbte Saum um jedes Kernkörperchen (c), die hier in der Mehrzahl und in verschiedenen Grössen und Entwicklungszuständen vorliegen. Man sieht sehr schön den Uebergang vom Kügelchen zur gestreckten und zur Bistorten-Form, der schliesslich die Selbsttheilung an der Einschnürungsstelle folgt.

Dem Verhalten unter dem Druck auf das Deckglas nach zu urtheilen, ist der Zellkern in diesem Falle wachshart und etwas elastisch. Er lässt sich sehr platt drücken, ohne zu zerreißen oder seine, durch die Färbung deutlich hervortretende, scharfe Begrenzung zu verlieren. Seine wirkliche Grösse ist bis hierher 0,02 mm., einschliesslich der künftigen Cellulosewandung 0,03 mm., bei einer Länge des wurstförmigen Pollenkörpers von 0,5 mm., einer Antheren-Länge von 0,75 mm.

Es folgt nun ein Entwicklungszustand (d), in welchem die Dicke der künftigen Cellulosewandung eher zu- als abgenommen hat. Die früher soliden Körner sind jetzt zu Elementarkörpern herangewachsen, wie ich solche links neben Fig. d abgebildet habe. Die ganze Schichtung wird jetzt noch, wie der eingeschlossene Zellkern, von Karminlösung roth gefärbt. Im centralen Zellkerne hingegen geht jetzt eine sehr eigenthümliche Structurveränderung vor sich, dadurch, dass sich lichtere, meist radial verlaufende Streifen bilden (d), die auf eine Gruppierung der Kernkörner zu grösseren Complexen hindeuten.

die später als unregelmässig begrenzte, knollige Körper erscheinen (e) und sich endlich in unregelmässige Faserkörper lösen, die sich gliedern und in neue Kernkörner zerfallen, wie ich rechts von Fig. e dargestellt habe.

Die Figuren f und g zeigen den Uebergang der äusseren, durch Karmin nur noch schwach gefärbten, verschmälerten Schicht in die Cellulosewandung der Mutterzelle, die jetzt erst perfect geworden ist. In g hat sich ein neuer Zellkern im Innern des Füllkerns durch eine kugelmantelförmige Schicht von Kernbläschen ausgespalten.

Wie Fig. 2 h es darstellt, klärt sich nun, von Aussen nach Innen fortschreitend und ohne scharfe Begrenzung, die ausserhalb des in g neu ausgespaltenen Zellkerns liegende Schicht von Kernkörnchen unter Umbildung in Elementarkörper, die durch Karmin nicht mehr gefärbt werden. Ob die geringere Zahl der grösseren Körner des centralen Zellkerns durch Verschmelzen kleinerer Kernkörner entstanden ist, entzieht sich der Beobachtung.

Die Figuren h, i, k zeigen die Entwicklung der zweiten Schicht von Elementarkörpern zur Cellulosewandung der Special-Mutterzelle in derselben Weise, wie dies die Figuren d, f, g für die erste Zellwand des Füllkerns darstellen. Von da ab entzieht sich die primitive Cellulosewand der Beobachtung, wahrscheinlich durch Resorption. Auch die Wandung der Special-Mutterzelle habe ich in den nächstfolgenden Figuren ausser Zeichnung gelassen.

Die Figuren k, l, m und n stellen die erste Theilung des nackten Füllkerns durch eine Kernbläschenschicht in zwei gleiche Halbkugeln (k) und die Ausbildung derselben zur halbkugligen Wandungszelle (n oben) dar. Der Vorgang ist im Wesentlichen folgender: Zu beiden Seiten der, die Spaltung vermittelnden Kernbläschenschicht erhält sich eine Schicht von Kernkörnchen für's erste noch unverändert, während jederseits eine innere Kernkörnchenschicht sich in Kernbläschen umbildet, wodurch die Hauptmasse der Kernkörnchen jeder Füllkernhälfte von der, später zur Cellulosewand sich umbildenden inneren Grenzschicht der Körnchen getrennt wird (l). Während der, theils selbstständigen, theils durch Verschmelzung vermittelten Vergrösserung der Kernbläschen klärt sich ein grosser Theil der Kernkörner zu Elementarkörpern in der Umgebung eines, als Zellkern verbleibenden Kern-

körnchen-Restes (m), worauf die, von den Kernbläschen nach der Peripherie der Kugelhälfte gedrängten Elementarkörper (n unten) in jeder Kugelhälfte zur Cellulosewand sich verbinden (n oben).

Wenn in der dargestellten Weise die junge Pollenzelle sich in zwei Halbkugeln getheilt hat, tritt in jeder dieser letzteren eine zweite Theilung ein, deren Theilungsfläche sich rechtwinklig zur ersten Theilungsfläche stellt. Die Figuren n, o, p zeigen diesen Vorgang. In der oberen Hälfte von n bereitet sich der Zellkern auf die Zweitheilung vor durch eine Kernbläschenfläche, die in o den Zellkern in zwei gleiche Hälften getheilt hat. In jeder dieser Hälften, zwischen der Theilungsfläche und dem Kernkörperchen, entsteht eine zweite, zu bedeutenderer Grösse heranwachsende Kernbläschenschicht, durch deren Erweiterung der Zellkern verlängert und bis in die Ecken der Halbkugel gedrängt wird (o). Es ist dies derselbe Vorgang, den m für die erste Theilung darstellt, nur dass in jenem Falle eine Formänderung und Verlängerung des Zellkerns, wie hier, nicht stattfindet. Wie n für die erste, so zeigt p für die zweite Theilung den ferneren Verlauf der Wandbildung. In der oberen Hälfte liegen die beiden nackten Zellschläuche noch unmittelbar nebeneinander, der centrale Zellkern (links) ist auf dem Wege der Vergrösserung zum Füllkerne, wie ihn die untere Hälfte links ausgebildet enthält, woselbst der einschliessende Zellschlauch zur Cellulosewandung sich ausgebildet hat. Aus diesem Füllkerne entsteht nun ein neuer Zellschlauch im Innern der fertigen Cellulosewandung, entweder durch eine kugelmantelförmige Schicht von Kernbläschen (p unten, rechts) und deren Vergrösserung zu dem in der unteren Hälfte von Fig. n dargestellten Zustande, oder, was häufiger der Fall ist, es bildet sich im Füllkerne nur ein Kernbläschen und vergrössert sich zum Monophysalid, während der neue Zellkern, unter Zerstreuung der übrigen Kernkörnchen im gebildeten Schlauchraume, aus dem Kernkörperchen heranwächst, wie dies Fig. 2 s darstellt.

Neben dieser, im Vorhergehenden dargestellten successiven Zweitheilung besteht nun aber noch eine gleichzeitige Viertheilung, die sogar in manchen Antheren sich häufiger vollzieht als erstere. Nach vollendeter Ausbildung der Special-Mutterzelle ist es der, im Innern derselben lagernde Füllkern, wie solchen Fig. 2 k darstellt, der durch zwei rechtwinklig sich kreuzende Schichten von Kernbläschen in vier gleiche Theile zerfällt, während die den Spaltungsflächen zunächst

liegenden Kernkörner zu Elementarkörpern sich klären, die von Karminlösung nicht mehr gefärbt werden. Diese Klärung schreitet von den Spaltflächen nach der Kugeloberfläche hin allmählig vor, bleibt aber stehen bei einem halbkugelförmigen Complexe unveränderter und durch Karminlösung sich rasch färbender Kernkörner am Aussenrande eines jeden Kugelausschnitts. Fig. 2 q zeigt den Füllkern in diesem Zustande.

In Fig. 2 r ist die Theilung in vier Kugelausschnitte vollendet. In jedem dieser Theile ist der vorher wandständige Zellkern durch ein unter seiner Hüllhaut sich entwickelndes Grossbläschen (Monophysalid) vom Rande ab nach Innen gedrängt und damit die Bildung eines neuen Zellschlauches mit wandständigem Zellkerne vollzogen. Es ist dies ein hübscher Belag für meine Ansicht, dass die Ortsveränderungen des Zellkerns durch Physalidebildung bewirkt werden.

Während die ausserhalb des neuen Zellschlauchs liegenden Elementarkörper zur Cellulosewandung sich gestalten (s), das Kernkörperchen eines jeden Zellschlauches zu einem jungen Zellkerne heranwächst, vertheilen sich die Kernkörnchen des alten Zellkerns im Schlauchraume. Häufig tritt jedoch der Fall ein, dass die Zellschläuche in r, durch Vergrösserung ihrer Zellkerne unter Verdrängung des Bläschenraumes (innerer Schlauchraum, Innenraum, Physalideraum), noch einmal zu Füllkernen heranwachsen (s oben) und dann erst die Schlauchbildung durch einen Monophysalid sich erneuert (s unten, von rechts zu links).

Häufig spalten sich aus der vereinten Füllkernmasse (f) gleichzeitig vier Zellkerne aus, von dem Fig. k—p dargestellten Entwicklungsverlaufe nur darin unterschieden, dass die Fortbildung in allen vier Kugeltheilen eine gleichzeitige und gleichartige ist.

Wenn das Pollenhaus bis zu dieser Entwicklungsstufe sich ausgebildet hat, öffnet jedes Quartier desselben sich auf der Aussenseite durch Resorption der Aussenwandung, um das in ihm gelagerte Pollenkorn auszulassen. Die, Fig. t abgebildeten Wandungen der Special-Mutterzellen liegen dann entleert zwischen den vereinzelter Pollenkörnern, deren Austrittsöffnung in t durch Pfeile angedeutet ist.

Leichteren Verständnisses der Abbildungen wegen habe ich von Fig. l ab bis Fig. s die Wandung der Special-Mutterzelle in die Zeichnungen nicht mit aufgenommen. Auch hier zeigt der Vergleich früherer und

späterer Entwicklungszustände, durch Färbung und starke Pressung unter dem Deckglase, dass die Scheidewände nicht entstanden sind durch Einfaltung, sondern dadurch, dass unmittelbar nach vollendeter Theilung des Zellschlauchs die aus ihm gebildete Cellulosewand mit der Wandung der Mutterzelle innig verwächst. Der in Fig. t bei * gezeichnete Intercellularraum liefert den Beweis, dass die umgebenden Celluloseschichten verschiedenen Ursprungs sind; dass die den Raum nach aussen begrenzenden Schichten allein der Special-Mutterzelle entstammen, während die inneren Grenzsichten von den beiden Tochterschläuchen gebildet wurden. Wären die inneren Scheidewände durch Einfaltung der Mutterzellenwand entstanden, dann müsste, anstatt des Intercellularraumes, eine bis zur Aussengrenze reichende Trennungslinie vorhanden sein.

Es ist bemerkenswerth, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle die Scheidewände zweiter Theilung nicht in derselben Ebene liegen, sondern auf die Ebene der zuerst gebildeten, in Fig. t senkrecht gestellten Querscheidewand in gekreuzter Stellung aufstossen.

In den Figuren 2 u—z gebe ich die Entwicklungsfolge des einzelnen, aus dem Gehäuse der Special-Mutterzelle hervorgetretenen Pollenkorns, das nunmehr eine Länge von 0,03 mm. erlangt hat und eine Länge von 0,06 mm. erreicht.

Fig. u zeigt im Innern der Zellwandung den Zellschlauch mit wandständigem Zellkerne und kleinen Stärkekörnchen. In v ist der Zellkern zu bedeutender Grösse herangewachsen und lässt 5—7 Kernkörperchen erkennen, die unter dem Druck auf das Deckglas die Ansicht von Fig. c geben. Der Schlauchraum hat sich bis an die entgegengesetzte Schlauchseite erweitert, hat sich mit dieser in offene Verbindung gesetzt und dadurch den Innenraum in zwei Kammern getheilt, die jedoch nicht immer, wie hier gezeichnet, gleich grosse sondern von verschiedener Grösse sind, je nach verschiedener Lage des Zellkerns im Schlauchraume. Liegt der Zellkern im Schlauchende, dann bleibt auch der Innenraum ungetheilt. In wässriger Karminlösung erhalten sich die verschiedenartigsten Entwicklungszustände stundenlang unverändert.

Durch vermehrte Aufnahme einer wasserklaren Flüssigkeit haben in w die beiden Hälften des Innenraums zu kugligen Blasen sich erweitert, deren Spannkraft erkennbar ist an der, durch sie zusammen

gedrückten Form des zwischen ihnen liegenden Zellkerns. Nicht selten wird dadurch der Zellkern in eine obere und eine untere Hälfte abgeschnürt. Liegt der Zellkern in einem der Enden des Zellschlauchs, dann wird er durch die Turgescenz des ungetheilten Innenraumes zur Meniskenform zusammengedrückt. Es ist dies ein ausserordentlich beweiskräftiges Material für das Vorhandensein einer inneren Schlauchhaut.

Weiterhin (x) sehen wir den Zellkern in zwei Tochterkerne getheilt. Unter fortschreitender Verkleinerung des Blasenraumes (x, y) vergrössert sich in gleichem Maasse der Schlauchraum, bis zu gänzlichem Verschwinden des Innenraumes, durch Vermehrung der schleimig-flüssigen, körnchenreichen Fovilla des Pollenkorns. Die Undurchsichtigkeit dieser letzteren verhindert eine sichere Beobachtung der Zellkerne, deren vermindertes Volumen jedoch auf Mitwirkung bei der Vermehrung der Körnchenmasse hindeutet. In der Mehrzahl der Fälle lässt sich im reifen Pollenkorne nur eine äussere Schlauchhaut des Zellschlauches nachweisen, die mit der Fovilla zugleich auch die beiden Zellkerne einschliesst. Nur in vereinzelten Fällen erkannte ich deutlich einen häutig begrenzten Innenraum, in welchem der eine, zur Trichinenform verlängerte Zellkern lagert, während der zweite, zur Handschuhform umgebildete Zellkern in einer Einstülpung des Schlauchraumes in den Innenraum liegt, wie dies Fig. z darstellt.

Diese Metamorphose der beiden unter tz gezeichneten Zellkerne ist eine sehr eigenthümliche und beachtenswerthe, da sie sich bei den Pollenkörnern der meisten Pflanzen vorfindet. Wenn auch nicht so ausgebildet als bei *Tradescantia*, fand ich sie bei *Campanula*, *Oenothera*, *Lilium*, *Clematis*, *Allium*. Um sie zu sehen, muss man die fast reifen Pollenkörner unter Deckglas in Karminglycerin zerdrücken und das Präparat 12–24 Stunden stehen lassen. In dieser Zeit haben sich die Zellkerne tiefer roth gefärbt als alle übrigen Pollentheile und finden sich nach Verschiedenheit der Druckstärke theils noch im Innern der Pollenkörner in ihrer normalen Lage, theils in der herausgepressten Fovilla. Die Fig. tz gezeichnete, spiralförmige Aufrollung des fadenförmigen Zellkerns kommt selten vor, meist ist derselbe einfach ringförmig gekrümmt, bis 0,1 mm. lang. Er sowohl wie der handschuhförmige Zellkern bestehen aus Elementarkörpern und sind wahrscheinlich von einer Hüllhaut begrenzt. Zerdrückt man viele Pollenkörner unter Deckglas in Karminwasser, dann tritt auf Kosten der

Länge eine Erweiterung des Fadens allmählig ein, bis, ungefähr nach einer Viertelstunde, die ursprüngliche, sphärische Zellkernform wieder hergestellt ist, wie diese Fig. no kurz vor ihrer Vollendung zeigt.*)

Es ist gewiss sehr verführerisch, den Pollenfaden mit den bei phänogamen Pflanzen noch nicht aufgefundenen Sperma-Elementen in Beziehung zu bringen; es liegt mir aber bis jetzt ein Grund dazu nicht vor. Ich finde den Faden ausnahmsweise und verkleinert noch im Pollen auf der Narbe, der schon Schläuche getrieben hat, und möchte ihm die Function während der Schlauchbildung fortdauernder Vermehrung der Elementarkörper zuschreiben.

Zerdrückt man nahezu reife Pollenkörner unter Deckglas in Karminglycerin, dann färbt sich auch die herausgepresste, am stäubenden Pollenkorne trockene, fast spröde Fovilla in 10—12 Stunden tief roth. Setzt man dann ein wenig Jodglycerin zum Objecte, so erkennt man, dass, abgesehen von den in ihr enthaltenen Mehlkörpern, die Fovilla aus Elementarkörpern besteht, gleich den zu Fig. 2 d gezeichneten. Das centrale Kügelchen ist scharf begrenzt und bleibt, wie mir scheint, ungefärbt. Der ziemlich breite, ungefärbte Ring um das Centralkügelchen ist begrenzt von einer nicht scharf contourirten, roth gefärbten Schicht, die mit der ihrer Nachbarkörper wie verflossen erscheint. Gewiss sind diese, hier die ansehnliche Grösse von 0,004 mm. erreichenden Körper dem Kernkörperchen des Zellkerns nahe verwandt, vielleicht nur ihrer physiologischen Bedeutung nach verschieden.

Schon bald nach der Isolirung erhält auch das Pollenkorn von Tradescantia auf seiner convexen Seite eine warzige Aussenfläche seiner Wandung. Ich vermag es nicht zu bestätigen, dass dies durch Excretion geschieht. Ganz gewiss ist es keine neue Schichtung, welche die vorgebildete Zellwandung überlagert, sondern es sind die molecularen Theile dieser letzteren, die sich umlagern und zu den regelmässig geordneten Warzen, Leisten, Spitzen sich gruppiren. In y habe ich darzustellen versucht, wie sich an der convexen Seite des Pollenkorns für diesen Vorgang die beiden Häute der Cellulosewandung von einander trennen, durch Lösung der sogenannten Cuticular-Sub-

*) Es ist eine für mikrochemische Untersuchungen sehr beachtenswerthe Thatsache, dass wässrige Jodlösung, die hier die Fadenform unverändert lässt, ganz anders wirkt als wässrige Karminlösung, wohl nur aus dem Grunde, weil die geringste Menge von Jod als Pflanzengift wirksam ist.

stanz, während an der geradflächigen Seite des Pollen die Wandung sich unverändert erhält. Unter g habe ich dieses durch vergrößerte Zeichnung deutlicher zu machen gesucht. Die Contoure des unteren geradflächigen Theils der Wandung setzen sich nach wie vor auf die in der Warzenbildung begriffene und während dessen erweiterte Aussen-seite des Pollenkorns fort.

3. Der Füllkern des Knospenwärtchens und der Markstrahlen.

Es sind im Allgemeinen dieselben Erscheinungen der Theilung und Fortbildung des jugendlichsten Zellgewebes: successive oder gleichzeitig mehrfache, geradflächige, meniskenförmige oder kugelmantelförmige Ausspaltung eines neuen Zellkerns aus der Füllkern-Masse, mit oder ohne gleichzeitige Fortbildung des Kernkörperchens zum Zellkerne; Zellschlauchbildung durch Vergrößerung eines oder mehrerer Kernbläschen; Zellwandbildung zwischen dem oder den Kernbläschen und der Hüllhaut des Füllkerns aus den Elementarkörpern desselben, welche, wie in den vorhergehend geschilderten Fällen, so auch im terminalen Theilungsgewebe des aufsteigenden, im subterminalen Theilungsgewebe des absteigenden Stockes und im lateralen Theilungsgewebe der Markstrahlen stattfinden. Ich habe hier daher nur einiger Entwicklungserscheinungen zu erwähnen, für welche die vorhergehend aufgeführten Objecte keine oder nicht so leicht zu controlirende Beläge darbieten. Es gehören dahin:

1. Zellkernbildung durch Randbläschen des Füllkerns.

Der Same von *Vicia Faba*, $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Zoll lang gekeimt, die Keime zum besseren Eindringen der Karminlösung durch einen Längsschnitt halbirt und in wässriger Karminlösung gekocht, dann die Spitze der Plumula unter Deckglas in Karminglycerin zerdrückt, zeigt die in Fig. 3 a—e dargestellten Füllkerne, deren Entwicklungseigenthümlichkeit darin besteht: 1. dass die Kernbläschen hier am Rande des Füllkerns sich bilden (a) und durch ihre Vergrößerung und Canalisirung zwischen sich und der Hüllhaut des Füllkerns den Zellschlauch und endlich eine neue Zellwandung bilden, andererseits den aus dem Kernkörperchen verjüngten Zellkern im Mittelpunkt des entstandenen Zellraumes festhalten (b); 2. dass die Fälle nicht selten sind, in denen neben dieser Bildung von Randbläschen gleichzeitig noch mehrere kugelmantelförmige Ausspaltungen stattfinden (c, d), durch welche gleich-

zeitig mehrere ineinander geschachtelte Zellschläuche sich bilden; 3. dass endlich in manchen Füllkernen eine Mehrzahl von Kernkörperchen mit der sie zunächst umgebenden Füllkernmasse sich von einander trennen und zu neuen Füllkernen werden (e).

Die grosse Saubohne unserer Gärten empfiehlt sich dadurch für controlirende Untersuchungen, dass sie zu jeder Jahreszeit aus Samenhäutungen zu beziehen ist und in wenigen Tagen zum Keimen gebracht werden kann. Ich erinnere aber nochmals daran, dass die an den Samenlappen abgeschnittenen halbirtten Keime vor weiterer Zerlegung in Karminwasser gekocht werden müssen. Nirgends erkennt man dann so schön wie hier die Ausspaltungen durch Kernbläschen, die Theilung der Kernkörperchen und die Bildung neuer Zellkerne aus ihnen im Innern des Mutterkerns, wie ich solche schon in meiner Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims Taf. I Fig. 34—39 dargestellt habe.

2. Wiederholte Füllkerntheilung in demselben Zellschlauche.

In der Regel folgt jeder Füllkerntheilung unmittelbar die Schlauch- und Zellwandbildung, abgesehen vom Verhalten der permanenten Mutterkerne (Fig. 1 a). Die Fälle einer wiederholten Füllkerntheilung in demselben Zellschlauche sind selten und treten auch da wo sie vorkommen nie allein, sondern neben der normalen Entwicklungsfolge auf. So verhält es sich z. B. in den Oberhautzellen junger Blätter von *Narcyssus*. Der Füllkern (Fig. 4 a) mit einfachem Kernkörperchen, nachdem letzteres zur Zweitheilung geschritten ist, erleidet zwischen den beiden Kernkörperchen die Theilung durch eine Kernbläsenschicht in gewöhnlicher Weise, während gleichzeitig die Kernkörperchen an beiden Enden des verlängerten Füllkerns sich klären (b). In Fig. c hat die Klärung der Füllkörner auch zwischen den beiden getheilten Füllkernmassen zugenommen, jede der letzteren hat zu einem Zellkern sich abgeschlossen, der nach Theilung seines Kernkörperchens sich von neuem theilt. Auf diesem Wege entstehen in demselben einhäutigen Zellschlauche vier Zellkerne (d), von denen jeder noch einmal sich theilen kann, ehe jeder dieser Zellkerne zur Schlauch- und Wandungsbildung fortschreitet.

3. Fadenbildung im Innern des Zellkerns. Bereits in meiner Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass in nicht seltenen Fällen die Kernkörperchen noch inner-

halb des Zellkerns zu Fäden sich verlängern, die sich in vielfachen unregelmässigen Krümmungen neben einander fügen (Fig. 5 a).*) Ich habe schon dort die Vermuthung ausgesprochen, dass diese Umbildung der Kernkörnchen in Beziehung stehe zur Bildung der Cellulosewandung zwischen äusserer und innerer Schlauchhaut. Besonders häufig in Zellen junger Blätter von *Lilium bulbiferum* habe ich in neuerer Zeit diese Bildungen wieder aufgefunden, theils in regelmässig spiraler Anordnung von nur einem oder von mehreren Fäden (Fig. 5 b) oder in verästelten Formen (c, d). Auch in jungen Blättern von *Vicia Faba* und in jungen Trieben von *Pinus Laricio* habe ich sie aufgefunden, doch kommen sie überall zu vereinzelt vor, als dass ich einen besonderen Werth darauf legen möchte.

Fig. 5 e zeigt die Form des Stärkemehl bildenden Zellkerns aus den Zellen ganz junger, noch in die Zwiebel eingeschlossener Blümschäfte der Hyacinthe.

In der Einleitung zu dieser Abhandlung habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass in Bezug auf Bildung und Bedeutung des Zellkerns der thierische Körper dem Pflanzenkörper gleichstehe. Es erstreckt sich dies sogar bis auf das Verhalten des Zellkerns als Füllkern, und möge es mir gestattet sein, hierüber Einiges aus dem Bereich meiner entomologischen Studien im Dienste vergleichender Histologie mitzutheilen.

4. Ueber den Füllkern des Eierstocks und der Samengefässe bei den Insecten.

a) Entwicklung des Insecteneies.

In den schlauchförmigen Eierstöcken der Insecten entwickeln sich die Eikeime nicht gleichzeitig, sondern bis zu einem gewissen Zeitpunkt der Reife successiv so, dass in der Spitze des Schlauchs die Anfänge des Eies, am Ausgange des Schlauches die nahezu fertigen Eier lagern. Die in einfachen Reihen geordneten Eikeime jedes

*) Entwicklungsgesch. Taf. I, Fig. 76, Fig. 82–84.

Schlauches lassen daher keinen Zweifel über die Entwicklungsfolge, zeigen alle Entwicklungszustände an demselben Objecte und selbst die jüngsten in bedeutenderen Grössen als bei den Pflanzen. Dazu gesellt sich der Umstand, dass der Zellkern genau dasselbe Verhalten zu Farbstofflösungen zeigt wie der Zellkern der Pflanzen, so dass auch hier Karminlösungen unentbehrliche und sichere Führer bei den Untersuchungen sind.

Aus der grossen Verschiedenheit der Entwicklungsweise des Eies in den verschiedenen Insectenordnungen vermag ich hier nur das Allgemeine hervorzuheben und muss mich auf die Bemerkung beschränken, dass Wasserjungfern und Heuschrecken das geeignetste Material zu Untersuchungen hergeben, die einfach darin bestehen, dass die leicht zu isolirenden Eierstöcke unter Deckglas mit wässriger Karminlösung in Berührung gebracht werden.

Die gegebenen Abbildungen sind meinen hymenopterologischen Arbeiten, im Speciellen den Gattungen *Cynips* und *Ichneumon* entnommen, bis auf Fig. 6 i aus *Pontia brassicae*, und zeigen nur den schliesslich zum Ei werdenden Körper.

Fig. 6 a—f zeigt die Entwicklung des einfachen Kernkörperchens zum Zellkerne. Im Kügelchen (a) zeigt sich zunächst ein dunklerer Centralkörper (b), um den sich wie bei den Pflanzen ein lichter, d. h. vom Karmin nicht gefärbter Hof bildet (c), worauf die ausserhalb des Hofes liegenden Kerntheile sich in Kernkörnern theilen (Furchung), zunächst in eine einfache Körnerschicht (d), deren fortgesetzte Theilung und Wachsthum der Tochterkörnern zur Grösse der Mutterkörner endlich, durch e, den Zellkern (f) bildet, der aus dem Kernkörperchen im lichten Hofe, aus den Kernkörnern und aus einer Hüllhaut besteht, deren Vorhandensein auch hier die durch gegenseitigen Druck nicht selten polyedrische Form der Kernkörner (wie auch des Kernkörperchens) beweist.

Zellkerntheilungen kommen hier nur in den frühesten Entwicklungsstadien, also nur in der Spitze der Eischläuche vor, besonders schön bei *Pontia brassicae*. Wie bei den Pflanzen geht ihnen eine Kernkörperchentheilung vorher (Fig. 2 c kann auch hierfür als Abbildung dienen), worauf sich aus jedem der beiden Kernkörperchen gleichzeitig ein neuer Zellkern bildet, wie dies das obere Feld von Fig. 3 e darstellt.

Durch Bildung von Kernbläschen aus Kernkörnern des Randes (Fig. 6 g) entsteht der Zellschlauch mit intracellularem Schlauchsaft, während das Kernkörperchen zu einem secundären Zellkerne sich entwickelt (h, i, k).

Von hier ab tritt nun bei verschiedenen Insecten-Ordnungen ein zweifach verschiedener Entwicklungsverlauf ein.

Bei den Geradflüglern, den Netzflüglern und den Saugern ist es der ganze, nackte Zellschlauch (h), der durch die Entwicklungsstadien k—p zum Eie sich ausbildet. Ich habe dies das Einkammersystem genannt. Bei den Schmetterlingen, Fliegen und den wespenartigen Insecten hingegen ist es nur der secundäre Zellkern (Fig. i unten), der durch k—p zur Zelle erwächst, während alle übrigen Theile des primitiven Zellschlauchs (i) zu einem, zwischen je zweien Eizellen liegenden Zellencomplexe erwachsen, dessen Bestimmung die Bildung von Reservestoffen für die Ernährung des Eies ist, da gegen das Ende der Eibildung die sehr dickwandigen, bei *Pontia brassicae* deutlich getüpfelten Zellen resorbiert werden. Ich habe dies das Zweikammersystem der Eibildung genannt.

Einestheils durch die Vergrößerung des secundären Zellkerns (l), anderentheils durch Vermehrung des Schlauchsafts werden nun die in k sehr grossen Physalideräume verkleinert und verschwinden endlich ganz (m), während die äusserste Körnerschicht (l) zur Wandbildung schreitet (m). Der ausgewachsene Zellkern bildet darauf durch Entstehung und Vergrößerung sich bildender Randbläschen einen neuen Zellschlauch im Innern der Eiwandung (m, n), dessen in n sehr grosse Physalideräume durch die Vermehrung und Vergrößerung der Schlauchsaftkörner verkleinert (o) und endlich ganz verdrängt werden (p), während der in n heranwachsende Zellkern unter Physalidebildung noch einmal aus dem Kernkörperchen sich verjüngt (o), ein Vorgang, den ich nur bei *Hemerobius Perla* beobachten konnte, da durch die dicht gedrängte Menge der trüben Körner das Ei jetzt seine Durchsichtigkeit verliert. Vergebens habe ich mich bis jetzt bemüht im fertigen Insecteneie (p)*) etwas anderes aufzufinden als diese trübe Körnermasse und ich vermuthe, dass der Keim des künftigen Embryo

*) In p habe ich eine Lederhaut als äussere Hülle mitgezeichnet, die dem Eierschlauche entstammt und vor dem Ablegen der Eier resorbiert wird.

als Kernkörperchen zwischen der Körnermasse verbleibe und sich durch seine geringe Grösse der Beobachtung entzieht.

b) Entwicklung der Sperma-Zelle und der Sperma-Körper.

Die ersten Entwicklungsstufen der Sperma-Zelle sind von denen der Eizelle in nichts verschieden. Fig. 6 a—d gilt auch für die Spermazelle. Von da ab verschwindet aber das durch einen Lichtsaum gesonderte Kernkörperchen für einige Zeit der Beobachtung, die gleichgebildeten Kernkörnchen nehmen zu einander die Stellung der Zellen parenchymatischen Gewebes ein und platten sich durch gegenseitigen Druck, wie diese, zu polyedrischen Formen. Fig. 7 a—d zeigt die Entwicklung dieser Elementarkörner zu Füllkernen, nachdem jedes derselben sich eine Zellwandung gebildet hat, die, anfänglich verhältnissmässig dick, später zu fast unmessbarer Dicke schwinden (Fig. e).

Hat sich auf diese Weise in jeder Hodenzelle ein vielkammeriges Zellgewebe gebildet, dessen zartwandige Zellen jede einen normalen Füllkern enthält (e), dann entwickelt jeder dieser Füllkerne einen Monophysalid, durch dessen bedeutende Vergrösserung die Körner des nun zum Zellschlauche umgebildeten Zellkerns meniskenförmig nach einer Seite des Schlauches hingedrängt werden. Diese Körner sind es, welche in der Fig. g—n dargestellten Weise zu den Spermafäden sich ausbilden.

Fig. 7 f habe ich eine dieser Spermazellen aus den Hoden von *Naucoris* abgebildet. Die noch im Schlauchraume liegenden Köpfe der Spermafäden wachsen zu grosser Länge in den inneren Schlauchraum hinein und legen sich hier zu vielfadigen Strängen zusammen, woraus jene spiralige Aufdockung der Fadenbündel hervorgeht, wie solche auch den Schmetterlingen, Käfern, vielen Netzflüglern und Fliegen eigenthümlich ist. Bei *Acrydium* ist die ursprüngliche Vereinigung der Spermaelemente eine pinselförmige, bei *Tettigonia* sehr zierlich traubenförmig. Bei den mückenartigen Dipteren, bei den Hymenopteren, den Libellen und einigen Orthopteren hingegen entwickelt sich jede Spermazelle vereinzelt, wie dies Fig. 7 o aus *Sciara Thomae*, Fig. 8 aus *Locusta viridissima*, Fig. 9 aus *Acrydium* (woselbst zugleich auch Spermaabündel vorhanden sind), Fig. 10 aus der zweigeschlechtigen *Cynips baccarum* darstellt.

Die grössten Spermazellen besitzt *Sciara Thomae* (Fig. 7 o). Bis zu einem Durchmesser von 0,04 mm. gross, hat der Spiralfaden selbst eine Dicke von 0,002 mm. Zu jeder Zeit und noch im Innern des Samengefässes sah ich das eine Ende des Fadens gelöst, bei Behandlung mit Jodglycerin buchtig gekerbt und die Buchten hier und da mit kleinen Bläschen besetzt, wie dies die Abbildung zeigt. Das entgegengesetzte Ende des Fadens setzt sich nicht selten ins Innere der Spermazelle fort und bildet dort noch ein oder zwei Fadenknäule. Beim Zerreißen der Zellhaut bei Streckung des Fadens zeigt Jodglycerin an letzterem lappige Reste der zerrissenen Verbindungshaut. Sehr wahrscheinlich ist daher der Spiralfaden in der Zelle durch eine Bindehaut zusammengehalten, die aber eine zweite, innere sein muss, da die äussere Haut nicht selten beutelförmig über die Grenze der Spiralfaserwindungen hinaus erweitert ist, wie solches Fig. 7 o andeutet. Bei den Geradflüglern ist der Spiralfaden in der Zelle winklig geknickt (Fig. 8, 9).

Ohne Zweifel ist die Uebereinstimmung dieser mit den Spiralfaserzellen und den Spermazellen der Pflanzen eine sehr grosse in Bezug auf Bau und Herkunft.*) Ich erlaube mir, auf meine Arbeit in der Bot. Zeitung 1855, pag. 483, Taf. IV, Fig. X 1—10 zu verweisen, deren Schacht in seiner Schrift über die Spermatozoiden des Pflanzenreichs (1864) nicht erwähnt.

Bei den Insecten ist die Bewegung der Spermazellen eine doppelte, und zwar eine rotirende der ganzen Zelle und eine Wellenbewegung des Fadens. Die rotirende Bewegung sah ich noch an den, in ihrer Form unveränderten Spermazellen im receptaculum seminis der Weibchen von *Cynips baccarum*, *Sciara*, *Pontia*. Im Wasser des Objectträgers sieht man die Wellenbewegung des Fadens am schönsten bei *Sciara*, während die kuglige Zelle, unter Verlust der rotirenden Bewegung, sich zu 3—4fach grösserer Länge streckt. Diese Bewegung schreitet langsam im Faden fort und ist meist nur auf einzelne

*) Es ist dies, wie mich neuere Untersuchungen überzeugt haben, nicht der Fall in Bezug auf die Tracheen der Insecten und die Spiralgefässe der Pflanzen, so gross die Aehnlichkeit beider auf den ersten Blick ist, dass selbst Lyonet sich zum Zeichnen eines abgerollten Fadens verleiten liess. Der scheinbar spiralige Bau der Tracheen beruht auf Ein- und Ausfaltung einer gleichdicken Haut, gleich dem Leder einer Wachtelpfeife oder eines Blasebalgs.

Strecken desselben beschränkt. Mit dem endlichen Zerreißen der Hüllhaut und Streckung, selbst der winkligen Spirale zum geraden Faden, hört jede Bewegung auf.

Eine selbstständige Ortsveränderung der Spermaelemente, wie solche denen der Pflanzen und der höheren Thierklassen eigenthümlich ist, habe ich bei den Insecten bis jetzt nicht gesehen. Weitere Vergleiche ergeben: dass den Spermaelementen der Insecten das bleibend verdickte Kopfende des Sperma der höheren Thierklassen fehlt, dass sie hierin denen der Pflanzen näher stehen. Der gestreckte Spermafaden zweigeschlechtiger Gallwespen (*Theras*, *Trigona*, *Synergus* etc.), vor der Streckung gleich Fig. 7 n, zeigt nach der Streckung (Fig. 10) einen dickeren Stiel und ein dünneres, mitunter gabelförmig getheiltes, an der Spitze zurückgebogenes Geisselende, das an die Cilien des Pflanzensperma erinnert. Bei den Pflanzen entsteht aus jedem Füllkerne nur ein Spermaelement, bei den Insecten sehr viele derselben (Fig. 7 e f).

Trotz aller Bemühungen habe ich das Eindringen von Sperma in eine Mikropyle des Insecteneies bis jetzt nicht zu Gesicht bekommen. Es setzt dieser Act eine schliesslich eintretende, selbstständige Ortsveränderung der Spermafäden voraus. Auffallend ist es, dass ich solche auch im receptaculum seminis begatteter Insectenweibchen nicht sah, die im Ablegen der Eier begriffen waren.

Bei den Untersuchungen, aus denen die vorstehend verzeichneten Resultate hervorgingen, wie überhaupt, ist mir bis jetzt noch keine Thatsache zur Anschauung gelangt, die auch nur eine Hindeutung enthalten hätte auf die Entstehung organisirter Körper aus dem, was ich den Schlauchsaft (*Ptychodesaft*) genannt habe, was vorherrschend Protoplasma genannt wird. In allen, auch den schwierigsten Fällen gelang es mir, mit Hülfe des einen oder des anderen physicalischen oder chemischen Prüfungsmittels, den Ursprung organisirter Körper auf einen organisirten Mutterkörper zurückzuführen, der bei allen höheren und vielen niederen Pflanzen der Zellkern ist, ein Körper, der in sich selbst, durch Wachsthum seiner körnigen Zusammensetzungstheile, die Bildungsflüssigkeit erst zur Gestaltung bringen muss, ehe Organisirtes daraus entstehen kann, das dann, nach seiner Trennung vom Mutterkörper, die mannigfaltigsten Form- und Stoffwand-

lungen erleidet, wie ich solches in einer Metamorphosenlehre der Elementarorgane nachweisen werde, zu der meine Schrift „Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims“ und der erste Band, 10. Aufl. des Lehrbuchs für Förster, sowie meine Forstbotanik das Material enthalten. In der zweiten Abtheilung vorliegender Abhandlung werde ich aber noch weitere Beläge beibringen: dass die festen, in der unverletzten Zelle nie farbenspeichernden Bestandtheile des an sich wässrigen Schlauchsafes nicht den Zellkern bilden, sondern Producte des Zellkerns sind; dass der Zellschlauch nicht allein aus einer äusseren, sondern aus zwei ineinandergeschachtelten Schlauchhäuten besteht, deren innere den Schlauchsaft vom Zellsaft fortdauernd scheidet.

Zweite Abtheilung.

Der Diaphragma-bildende Zellkern.

In allen mehr als einzelligen Pflanzen theilt sich nicht die ganze Zelle, sondern nur der Zellschlauch. Die Wandung der Urzelle erhält sich mehr oder weniger lange Zeit lebendig und, wie Pollenschlauch und Embryo ernährt von den anliegenden Zellen, fortwachsend als Oberhaut der Zellenfamilie.*)

Findet die Theilung des primitiven Zellschlauchs stets nur in ein und derselben Theilungsrichtung statt, so entsteht daraus die Zellenlinie, der Zellenfaden. Aus zwei Theilungsrichtungen in derselben Ebene geht die Zellenfläche hervor; drei Theilungsrichtungen, parallel und rechtwinklig zur Längenchse der Urzelle, bilden den Zellkörper.

*) Gegen diese, von mir schon im Jahre 1843 ausgesprochene Deutung der Oberhaut wurde von Schleiden der Einwand erhoben, dass, da der Oberhaut Assimilations-Organ fehlen, ein selbstständiges Fortwachsen derselben nicht möglich sei. Indess, wenn der Pollenschlauch, der keimende Nadelholz-Embryo thatsächlich von aussen her durch Zellen ernährt werden, mit denen beide in keinem organischen Zusammenhange stehen, warum sollte da nicht die Cuticula durch die ihrer Innenseite anliegenden Zellen ernährt werden können? Dass eine gemeinschaftliche Oberhaut schon im jugendlichsten Zustande des Embryo vorhanden, ist keinem Zweifel unterworfen

Die Gestalt des Zellenkörpers ist abhängig vom Tempo der Zellentheilung. Gleiche Theilungsgeschwindigkeit in jeder Theilungsrichtung hat die Kugelform, ungleiche Theilungsgeschwindigkeit, vorherrschend in der Richtung der Querachse, hat die Scheibenform, vorherrschend in der Längenchse der Urzelle hat sie die Stengelform im Gefolge. Oertlich gesteigertes Tempo der Zellenmehrung bildet den Keim der Blätter und der Seitenknospen am Körper der Pflanze.

Den Längen- und den Querachsen fortdauernd parallele Theilungsrichtung bildet die Zellenpflanze. Tritt dazu örtlich eine diagonale Theilungsrichtung*), so entsteht daraus die Grundlage von Gefässbündeln — die Gefässpflanze. Jede Pflanze ist ursprünglich Zellenpflanze; erst im Verlauf der Entwicklung wird sie zur Gefässpflanze wo dies überhaupt in der Pflanzenart begründet ist.

Im Zellgewebe der Rinde und der Rinde-Markstrahlen glattboriger Bäume, z. B. der Rothbuche, erhält sich die Theilungsfähigkeit der Zellen bis in's höchste Alter des Baumes. Das ist auch der Fall bei den permanenten Mutterzellen des Cambium und der Korkschichten**), sowie im Zellgewebe der schlafenden Augen.***) Indess sind dies doch nur vereinzelte Ausnahmen von der Regel, derzufolge die Mehrungsfähigkeit der Zellen durch Selbsttheilung sich auf den jugendlichen Zustand derselben beschränkt und schon vor dem Eintritt vollständiger Ausbildung für immer erlischt, abgesehen von Reproductions-Erscheinungen.

Im Zellenfaden sind die mittleren Zellen die ältesten, ausgebildeten, mit erloschener Theilungsfähigkeit. Sie bilden einen Stock, von dem aus das Tempo der Theilungsgeschwindigkeit nach zwei entgegengesetzten Richtungen im Verhältniss des abnehmenden Alters der Zellen zunimmt, sein Maximum in den Endzellen des Fadens erreichend. In dem Maasse, als in den Endzellen das Zeitmaass der Theilungswiederkehr kürzer ist als das Zeitmaass des Wachsens der Tochterzellen zur endlichen Grösse, bleiben die Endzellen stets auf einer früheren Stufe der Ausbildung und erreichen nie ihre volle Grösse.

*) Lehrb. für Förster, 10. Aufl., Bd. I, pag. 207—209, Fig. 19—20.

**) Lehrb. für Förster, Bd. I, p. 212, Fig. 22—24; p. 265, Fig. 38—40.

***) Lehrb. p. 176—183, Fig. 12—14.

Das ist der Fall auch im aufsteigenden und im absteigenden Knospenwärtchen des Stengels, dessen Zellgewebe, in dieser Hinsicht, als ein Verein von nebeneinanderliegenden Zellenfäden betrachtet werden kann.

Hier ist es, wo die Zellengrösse nie die Grösse des ihr angehörenden Zellkerns wesentlich übersteigt, wo letzterer, wie ich in der vorhergehenden Abtheilung zeigte, den Zellraum ganz oder beinahe erfüllt, wo er als Füllkern auftritt.

Die Zellentheilung ist aber nicht auf diese jüngsten, äussersten Theile des Stengels beschränkt, sie findet bis zu einem gewissen Alter auch noch in den grösseren und weiter ausgebildeten Zellen statt, theils durch Abschnürung, theils durch Bildung einer Scheidewand im Innern der Mutterzelle, und diese letztere Art der Zellenmehrung ist es, über die ich in Nachfolgendem meine Erfahrungen mittheilen werde.

Ehe ich dazu schreite, muss ich zuvor einen, für meine Darstellung wichtigen Punkt besprechen. Es ist das die Existenz einer zweiten, **inneren** Schlauchhaut des Zellschlauchs.

Die Existenz einer äusseren Schlauchhaut, durch welche der Zelleninhalt von der Cellulosewandung der Zelle gesondert ist, wird jetzt wohl von der grossen Mehrzahl der Arbeiter am Mikroskope anerkannt sein, wenn auch nur als eine äussere Erstarrungsschicht des Protoplasma, die später zur innersten, jüngsten Celluloseschicht sich umbilde, obgleich ich nachgewiesen habe: dass diese, an sich wasserklare, aber mit einer grossen Zahl kleiner, durch Jod sich braun färbender Körnchen verschmolzene Haut ein ganz anderes Verhalten zu den kräftigsten Agentien zeige, als selbst die jüngsten Celluloseschichten; dass sie sich wesentlich und fortdauernd von diesen unterscheide durch ihre relative Unempfindlichkeit gegen Schwefelsäure, Löslichkeit in Salpetersäure; dass Häute gleicher Art die Cellulosewandung äusserlich und innerhalb bekleiden; dass die Hüllhaut des Zellkerns und die Physalidehaut ihr vollkommen gleich sind; dass alle diese Häute, bis zur vollkommenen Lösung unter entsprechenden Reagentien, zusammenhängende, zarte Flächen bilden, während die Celluloseschichten spiralig zusammengelegten Bändern (Astathebändern) angehören, die sich durch Behandlung mit Salpetersäure und Aether in Primitivschichten, Primitivfasern und endlich in Primitivkugeln zerlegen lassen.

Demgemäss habe ich Zellhäute und Wandungsstoff (Celluloseschichten) von einander unterschieden. Beide sind nicht allein genetisch, sondern auch fortdauernd anatomisch wie chemisch von einander unterscheidbar.

Dagegen hat die Existenz einer zweiten, inneren Schlauchhaut noch nirgends Anerkennung gefunden, obgleich ihr Vorhandensein die physiologische Bedeutung des Zellschlauchs darin begründet, dass sie einen inneren, wasserklaren, oft gefärbten Zellsaft von dem stets ungefärbten, trüben und körnerreichen Schlauchsaft scheidet. Welches die Herkunft dieser Häute sei, habe ich bereits in der vorhergehenden Abtheilung dieser Abhandlung erörtert. Die äussere Schlauchhaut ist die erweiterte Hüllhaut des Zellkerns, die innere Schlauchhaut ist die Haut eines, im Innern des Zellkerns sich aus einem Kernkörnchen bildenden Kernbläschens. Es sind die übrigen Bestandtheile des Zellkerns, welche sich in dem Raum zwischen beiden Häuten und in dessen Schlauchsaft vertheilen, während der Inhalt des oder der Kernbläschen zum Gehalt des Innenraums der Zelle, zum Zellsafte wird.

Optische Verhältnisse sind die Ursache, wenn in der Mehrzahl der Fälle die innere Schlauchhaut der Beobachtung weniger zugänglich ist als die äussere Schlauchhaut. Sie ist überhaupt nur zu unterscheiden in der optischen Querfläche unverletzter Zellen, an denen sie undeutlich wird, einestheils durch die, zwischen ihr und dem Auge befindliche äussere Schlauchhaut, anderentheils durch den trüben Inhalt des Schlauchraumes. Wo letzterer in geringen Mengen vorhanden ist, oder, durch die Turgescenz der Blasen, auf beschränkte Orte des Schlauchraumes verdrängt wird, da legen sich an allen übrigen Flächen die beiden ineinandergeschachtelten Häute dicht aneinander und erscheinen dann dem Beobachter als nur eine Haut.

Indess giebt es doch eine Menge Fälle, in denen auch die innere Schlauchhaut der directen Beobachtung zugänglich ist. Ueberall, wo ein grosser Zellkern sie von der äusseren Schlauchhaut abhebt, zeigt sie sich als eine, den Zellkern nach innen überdeckende und vom Innenraum der Zelle abgrenzende, scharf contourirte Linie. Schon Schleiden hat sie so gesehen und Taf. I, Fig. 6 seiner Grundzüge annähernd richtig gezeichnet, wenn auch nicht in meinem Sinne gedeutet.

Bestimmter und ihrem ganzen Umfange nach erkennbar tritt sie

da hervor, wo ungewöhnlich grosse Mengen von Schlauchsaft sie in weitem Abstände erhalten von der äusseren Schlauchhaut. Das ist in ausgezeichneter Weise der Fall in den sehr grossen Pollenkörnern von *Fritillaria* vor deren Reife, die zugleich treffliche Bilder vollkommener Wandungszellen sind, zur Zeit, wann der Blumenstengel 6—8 Centimeter aus dem Boden hervorgewachsen ist. Das Pollenkorn misst dann durchschnittlich 0,08 mm. im Durchmesser und zeigt eine doppelt contourirte Cellulosewand als äussere Hülle, darin den Zellschlauch, dessen Aussenhaut allein später zum Pollenschlauche sich erweitert. Die innere Schlauchhaut umschliesst einen wasserklaren, körnerfreien, ungefärbten Physalidesaft (Saft des inneren Zellraumes), während der Raum zwischen den beiden Schlauchhäuten, mit einer ebenfalls wasserklaren, aber durch grosse Mengen kleiner Körner getrübbten Flüssigkeit erfüllt, zugleich den ungewöhnlich grossen Zellkern enthält, der bis auf den, die beiden Kernkörperchen umgebenden Hof, in dem unverletzten Pollenkorne allein den Farbstoff umgebender Karminlösung aufnimmt.

In den Wurzelspitzen der Liliaceen sind die Raphidezellen, die höher hinauf zu den Raphide enthaltenden Milchsaftgefässen untereinander verwachsen, reihenweise übereinanderstehend, noch vereinzelt. Die innere Schlauchhaut dieser Zellen ist es, welche das Raphidebündel einschliesst und vom reichlichen Schlauchsaft trennt (Taf. XIX Fig. 35), der einen grossen Zellkern umspült.

Krystalle anorganischer Basis kommen überhaupt nie im Schlauchsaft, sondern stets nur im Saft des inneren Zellenraumes oder der einzelnen Physalide vor.*) Kleine Krystalle oxalsäuren Kalkes sieht

*) Abgesehen von einigen Ausnahmen, in denen der Zellkern selbst, durch reichliche Aufnahme pflanzensaurer Salze, gewissermaassen versteinert. Einen interessanten Fall dieser Art zeichne ich Taf. XIX, Fig. 34 aus den ungefärbten Streifen des Kelchblattes von *Erodium*. Die Zellkerne selbst sind hier, von ihrem ersten Auftreten an der Basis der Kelchblätter, krystallinisch körnig und die sie einschliessende Zellwandung ist und bleibt körnig; gleichviel, ob sie nur aus einer oder aus mehreren ineinandergeschachtelten Schichten besteht. Mit Schwefelsäure behandelt, treten an die Stelle der Zellkerne nicht allein, sondern auch der Wandungsschichten Gypskrystalle. Bei einer durch Glycerin verzögerten Einwirkung der Schwefelsäure sieht man jedes Wandungskorn sich strecken und zum Krystalle umbilden. Das ist nicht mehr der Fall nach längerem Kochen der Kelchblätter in Wasser, ohne Zweifel durch Aus-

man nicht selten an der Aussenfläche sogenannter Protoplasma-Fäden haften. Sie nehmen nie an der Bewegung des Schlauchsaftes Theil und es beruht auf einer leicht erklärbaren optischen Täuschung, wenn sie in das Innere des strömenden Schlauchsaftes hineingezeichnet wurden.

In den Blättern junger Triebe von *Paeonia* enthält der Innenraum der Oberhaut-Blattzellen einen tiefroth gefärbten, consistenten Saft. Nicht selten ist hier der Schlauchraum in den Innenraum der Zelle eingestülpt, der eingestülpte Raum durch seinen farblosen Saft, dessen Gehalt an Grünmehl und Zellkern, sowie durch seinen Zusammenhang mit dem äusseren Schlauchraume und die scharfe, bleibende Grenzlinie zwischen Innenraum und Schlauchraum (Taf. XIX, Fig. 36) ein guter Belag für die Existenz einer inneren Schlauchhaut. Dunkel gefärbte Blumenblätter, die jungen Blätter und die Staubfadenhaare von *Tradescantia* (Entwicklungsgesch. d. Pflk., Seite 26, Taf. III, Fig. 23) liefern ähnliche Beläge.

Fälle, in denen die innere Schlauchhaut so dick ist, dass sie mit doppelten Contouren sich darstellt, gehören zu den Seltenheiten. Ich zeichne einen solchen Fall aus den Oberhautzellen junger Blumenstiele von *Hyacinthus*, wie diese sich zeigen, wenn die abgezogene Oberhaut auf der Objecttafel ausgebreitet und mit Glycerin gedeckt wird, wodurch, wie durch Zuckerlösung oder Alkohol, der Zellschlauch sich sehr stark zusammenzieht.

Taf. XIX, Fig. 42 zeigt eine solche Oberhautzelle, deren Cellulosewandung (a) ich die Cellulosewandungen der Nachbarzellen hinzugezeichnet habe, um die Correspondenz der Tipfelkanäle benachbarter Zellen und damit die Correspondenz der ihnen adhärirenden Schlauchstellen anschaulich zu machen. Die äussere Schlauchhaut allein ist, durch deren Adhärenz an den Tipfelstellen der Cellulosewandung, durch die Contraction des Schlauches zu langen Canälen ausgezogen, die genau dasselbe Bild geben wie die Canäle, in denen der Schlauchsaft lebender Zellen sich bewegt, ebenso wie diese (die sogenannten Protoplasmaströme) Mehlkörper des Schlauchraumes, hier Grünmehl ein-

laugen des Kalksalzes. Behandlung mit Schwefelsäure lässt in diesem Falle die organischen Rückstände des in Grösse und Form unveränderten Zellkerns nicht allein, sondern auch der Wandungsschichten erkennen.

schliessen. Durch stärkere Contraction der, hier ungewöhnlich dicken, deutlich doppelt contourirten, inneren Schlauchhaut (b) hat sich am Ende der Zelle eine Weitung des Schlauchraumes gebildet, die den grossen Zellkern und viel Grünmehl einschliesst.

Recht instructiv in Bezug auf die sogenannten Protoplasmaströme sind die grossen, bisquitförmigen Zellen aus dem Epidermoidal-Blattgewebe der Liliaceen, besonders der Blätter von *Lilium candidum*. Die Entwicklungsfolge dieser Zellen (Taf. XIX, Fig. 33) zeigt: dass es die, von einem centralen Zellkerne ausgehenden, canalisirten Schlauchhäute sind, welche die Vergrösserung der heranwachsenden Zellen an den Anheftungsstellen des Zellschlauchs verhindern und dadurch die Einbuchtungen der Zellwand veranlassen. Noch in der fertigen Zelle ziehen sich vom Zellkernbeutel ausgehende Schlauchcanäle genau nach den grössten Tiefen der nächsten Einbuchtungen hin und machen den Eindruck von Strängen, durch welche die Weitung der Zelle an diesen Stellen zurückgehalten wurde, auf einen gewissen Grad von Widerstandskraft der Canäle hindeutend, was mit der Natur von Flüssigkeiten unvereinbar ist, ebenso wie der Umstand, dass in Hunderten anderer Fälle der Zellkern durch die Protoplasmaströme im Mittelpunkt der Zelle, wie die Spinne in ihrem Netze festgehalten wird. Die Vergleiche des Protoplasma mit der thierischen Sarkode dürften so lange mit grosser Vorsicht zu beurtheilen sein, als auch in der Zootomie noch so wenig unter dem Objectiv experimentirt wird.

Meinen Erfahrungen nach sind die Schlauchcanäle keine ursprünglichen Gebilde, sondern es geht ihnen stets die Bildung einer mehr oder weniger grossen Zahl von Kernbläschen des Schlauchraumes vorher, deren Mehrung und Vergrösserung den Innenraum der Zelle ganz oder theilweise verdrängen kann. Die Kernbläschen füllen dann den Schlauchraum mehr oder weniger aus, den vorgenannten Zellkern zwischen sich einschliessend. In dem Maasse als die Kernbläschen grösser werden und sich gegenseitig drängen, wird der Schlauchsaft mit seinem Inhalte auf ein, den Interellularräumen des Zellgewebes ähnliches Netzwerk von Gängen gedrängt. So lange die Kernbläschen noch als solche bestehen, kann der Schlauchsaft zwischen ihnen in jeder Richtung sich fortbewegen; er kann eine frühere Richtung verlassen und einen neuen Strom bilden, oder sich mit einem anderen Strome vereinen; er kann aber auch scheinbar aussetzen dadurch,

dass er in einer, der Achse des Mikroskops gleichen Richtung fortströmt, umgekehrt ebenso scheinbar an einem Punkte des Gesichtsfeldes beginnen. Erst wenn durch Resorption aller, sich unmittelbar berührender und durch Verwachsung der Ränder aller, durch Schlauchsaft getrennter Bläschenwände ein System von Schlauchkanälen sich gebildet hat, ist und bleibt der Saftstrom in diese Canäle gebannt, wenn er auch seine Strömungsrichtung in ihnen zu ändern vermag.

In sehr ausgezeichnete Weise zeigt diesen Vorgang die Zelle der Knollen von *Ranunculus Ficaria* nach der Auflösung des Stärkemehls im Frühjahr, zur Zeit, in welcher die Blattbildung eben begonnen hat. Ich gebe Taf. XIX, Fig. 41 die Abbildung einer solchen Zelle, in deren allseitig scharf contourirten Canälen der Schlauchsaft in lebhafter Strömung sich befindet. Das Object ist auch dadurch instructiv, dass in ihm, häufiger als sonst der Fall ist, mehrere Canalsysteme ineinandergeschachtelt vorkommen. Die Abbildung zeigt deren zwei. Alle Uebergangsstufen vom intercellularen Physalidegewebe zum Canalsysteme zeigen sich hier mitunter in ein und derselben lebendigen Zelle, derart, dass in dem äussersten Schlauche die Canalisirung bereits vollendet ist, während der centrale Zellkern noch von freien Physaliden eingeschlossen ist. Nicht zu dünne Querscheiben, mit Karminglycerin behandelt, zeigen solches nach Verlauf von wenigen Stunden.

Die Entstehung der Saftbläschen (Mikrophysalide), deren gegenseitige Verschmelzung und Canalisirung zeigt sehr schön das unreife Pollenkorn des Mais.

Mit Hinweglassung des doppelwandigen Pollenhauses (von dem ich Taf. XIX, Fig. 8 ein Stück im Durchschnitte unter stärkerer Vergrösserung gezeichnet habe) gebe ich in den Figuren 1—7 verschiedene Ansichten des Pollen von *Zea Mais*, wie sich dieser ungefähr 14 Tage vor dem Ausstäuben zeigt. Die zu dieser Zeit vollkommene Klarheit und Durchsichtigkeit des 0,12 mm. im Durchmesser haltenden Pollenkorns*), die Menge der Körner, die sich der gleichzeitigen Beobachtung unterbreiten lassen, und ihre Rollbarkeit begünstigen die Beobachtung in hohem Grade. Am längsten lebendig und unverändert

*) Nur der Raumerparniss wegen habe ich die Figuren 1—7 in verschiedener Grösse gezeichnet.

erhält sich die Pollenzelle unter Deckglas in filtrirtem Pflanzensaft (ich habe mich hierzu des Saftes aus frischen Kürbissstengeln bedient), nachdem sie in solchem aus den, mit einem scharfen Messer zerhackten Antheren ausgewaschen und unter Deckglas gebracht wurden.

Unter den Pollenkörnern, die in der bezeichneten Zeit der Beobachtung sich darbieten, finden sich viele, deren Zellschlauch mit kleinen Körnern dicht erfüllt ist, wie dies der untere Theil der Fig. 4 darstellt. Andere Körner zeigen, wie Fig. 4, alle Umbildungsstufen der Körner (a) zu Elementarkörpern (b), dieser zu Bläschen (c), aus denen durch gegenseitiges Verschmelzen grössere Bläschen (d) entstehen, deren Intercellularräume sich endlich zu den zartesten Schlauchsaft-Canälen gestalten (e).

Pollenzellen, wie sie die Figuren 1—3 darstellen, können auf demselben Wege, durch eine bis zum Monophysalid (e) fortgeschrittene Verschmelzung der Bläschen, sie können aber auch dadurch entstehen: dass in dem, mit Körnern gänzlich erfüllten Raume (Füllkern) nur ein einzelnes Bläschen zur inneren Schlauchhaut sich vergrößert, den körnigen Inhalt in einen schmalen Schlauchraum zusammendrängend (Fig. 2). Entstehen nun in diesem Raume neue Bläschen (Fig. 3), so kann, durch die Vergrößerung eines oder einiger derselben, der Innenraum des Schlauches beengt oder verdrängt werden, es können aus der Canalisirung dieser vergrößerten Bläschen Schlauchsaftcanäle im Innenraum entstehen, wie solche die Figuren 1 und 3 zeigen.

Dass der zur inneren Schlauchhaut ausgedehnte Monophysalid (2) von einer kräftigen Haut gebildet werde, zeigt recht schön die starke Pressung, welche der Zellkern des Schlauchraumes durch ihn erleidet, die häufig noch viel grösser ist, als dies Fig. 2 darstellt, im Gegensatz zu den vorherrschenden Fällen, in denen der Zellkern nach dem inneren Schlauchraume hin mehr oder weniger hervortritt (Fig. 1).

Nur selten beobachtet man eine wirkliche Einstülpung des Zellkerns in den inneren Schlauchraum. Ich zeichne jedoch einen dieser Fälle in Fig. 6, weil es mir einigemal glückte, die Bildung von Kernbläschen im Umfange des eingestülpten Zellkerns, wie solche Fig. 6 zeigt, und deren Entwicklung zu einem eingeschachtelten Zellschlauche (Fig. 7) in demselben Pollenkorne während weniger Minuten zu verfolgen. Eben so selten sind die Fälle, in denen die Saftbläschen zu zellenähnlichen Körpern erstarren, wie dies Fig. 5 darstellt, ein Vorgang,

den man häufiger in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica* auffindet, der mir aber in allen Fällen abnorm zu sein scheint, immerhin aber ein beachtenswerther Fingerzeig auf die Natur dieser Gebilde ist.

Endlich erwähne ich noch der Saftströmung in den Zellen der Charen. Stellt man starke Vergrößerung genau auf das Profil des Saftstromes unter Deckglas liegender Nitelazellen ein, dann zeigt die scharf contourirte Innengrenze des Saftstromes eine Wellenbewegung, die ich vergleichen möchte mit der Bewegung des Tuches, unter dem die Statisten hinlaufen, wenn in der Oper die Bühne eine bewegte Meeresfläche darstellen soll. Die Dienste der Statisten verrichten hier grössere und kleinere Brutbeutel und Körner verschiedener Grösse, die der Schlauchsaft mit sich führt. Das scheinbare Ueberschreiten der Grenze von einzelnen Körnchen, deren scheinbares Eintreten in den inneren Zellraum, erklärt sich leicht aus optischen Gründen und lässt sich die Täuschung leicht vermeiden durch genaues Einstellen 500maliger Vergrößerung auf das Profil des Saftstromes.

Dies vorausgeschickt, wende ich mich nun zur Betrachtung des diaphragmatischen Zellkerns.

In allen bereits zu bedeutender Grösse herangewachsenen Zellen des Markes und der Rinde ist, nach jeder vorhergegangenen Zellentheilung, die Stellung des Zellkerns anfänglich stets eine endständige, im Mittelpunkte der neu entstandenen Querscheidewand jeder Tochterzelle. Die beiden Tochterkerne stehen sich dann genau gegenüber (Fig. 40). Wo eine erneute Zweitheilung stattfinden soll, verlassen die beiden Zellkerne ihre ursprüngliche Stellung und wandern, wahrscheinlich getrieben durch Physalidebildung auf der, dem Wanderziele entgegengesetzten Seite des Zellkerns, im Schlauchraume an die Seite der Tochterzelle, dahin, wo eine neue Theilungsfläche sich bilden soll. Von hier aus schnürt sich die innere Schlauchhaut in der Theilungsfläche ab und der Zellkern tritt in den Mittelpunkt des dadurch erweiterten Schlauchraumes, woselbst er nun eine Zweitheilung erleidet in der Taf. XVIII, Fig. 1 dargestellten Weise.

Soweit ist der Vorgang ein allgemeiner, unabänderlicher und mit Sicherheit Schritt vor Schritt zu verfolgen, wenn man die Objecte so lange in Karminwasser kocht, bis sich die einzelnen Zellstränge mit der Präparirnadel trennen lassen.

Im Embryo-Sacke und in den Cambialschichten vollendet sich die Theilung des Zellschlauchs dadurch, dass nun auch die äussere Schlauchhaut, in derselben Abschnürungsfläche, zwischen den beiden Zellkernhälften hindurch sich einsnürt (Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims, Taf. II, Fig. 15—22). In Mark und Rinde ist dieser einfachste Theilungsvorgang nicht nachzuweisen. Die doppelte Querscheidewand der Mutterzelle wird hier, so weit meine zahlreichen Beobachtungen reichen, ohne Ausnahme, vom Zellkern selbst gebildet.

Wie gesagt, tritt auch bei diesem Theilungsvorgange der Zellkern in den Mittelpunkt einer Abschnürungsfläche der inneren Schlauchhaut. Die Figuren 37—40 zeigen diesen Abschnürungsraum mit dem darinliegenden Zellkerne der Mutterzelle. Die geradlinige Begrenzung beiderseits der Figuren, sind Stücke aus der Cellulosewandung der Mutterzelle. Von dem Theile des Schlauchraumes, in welchem der Zellkern lagert, gehen Schlauchsaftcanäle nach oben und unten, zu den hier ausser Zeichnung gebliebenen Seiten- und Endflächen des Schlauchraumes der Mutterzelle, in diesen einmündend.

Wie im Füllkerne (Taf. XVIII, Fig. 1) zerfällt auch hier der Zellkern durch eine mittlere Querfläche von Kernbläschen in zwei Hälften. Ausser diesen entsteht aber noch am Aussenrande jeder Zellkernhälfte eine meniskenförmige Schicht von Kernbläschen, so dass, wie Fig. 37 zeigt, der Zellkern dadurch in vier Portionen getheilt wird.

Durch Vergrösserung der Kernbläschen in den meniskenförmigen Endflächen heben sich nun zwei Tochterkerne von dem getheilten Mittelkörper ab und diese Endkörper sind es, die später zu den Zellkernen der beiden Tochterzellen sich fortbilden (Fig. 38).

In dem Mittelkörper hingegen tritt nun nicht allein die körnige Bildung seiner Substanz schärfer hervor, sondern es verbreitet sich derselbe nun auch scheibenförmig, vom Mittelpunkte der Theilungsfläche aus, nach den Rändern derselben fortwachsend (Fig. 39), von dort aus in die Schlauchräume der nun getheilten Mutterzelle auf- und absteigend (Fig. 40).

Bis zu dem Fig. 40 dargestellten Zustande sind die neugebildeten Querwände nicht allein viel dicker als die fertige Zellwand, sondern sie färben sich auch noch wie die Zellkerne durch Karminlösung roth; ein beachtenswerther Umstand, durch den ich zuerst auf diesen Theilungsvorgang aufmerksam wurde. Nicht selten ist in diesem Zustande

die Zellkernhälfte mit der neuen Wandung noch innig verbunden und die Ablösung durch eine Bläsenschicht tritt dann erst später ein, gleichzeitig mit der Consolidirung und Klärung der neuen Querscheidewände.

Die Spitzen möglichst junger Liliaceenstengel, aus der Zwiebel genommen und so lange in Karminlösung gekocht, bis die Markzellen sich mit der Präparirnadel oder durch Pressung unter dem Deckglase leicht in die primitiven Zellencomplexe zerlegen lassen, zeigen den Vorgang am schönsten durch die aussergewöhnliche Grösse ihrer Zellen und Zellentheile unter Deckglas in Glycerin, nachdem die contrahirende Wirkung desselben aufgehört hat.

Dritte Abtheilung.

Der intercellulare Zellkern.

Bereits in meinen Arbeiten über die Oberhaut der Pflanzen (Vollst Naturgesch der forstlichen Culturpflanzen, Taf. 27—31) habe ich nicht allein auf häutige Auskleidungen der Intercellularräume, sondern auch auf verschiedenartige körnige Körper aufmerksam gemacht, die in solchen Fällen der Intercellularraum enthält. Ich wurde daran in diesem Frühjahr erinnert durch den rothen Farbstoff, der sich in den Intercellularräumen junger Sprossen von *Paeonia* findet, dessen Färbung und Reactionen genau dieselben sind wie die des Innenraumes der Oberhautzellen. Ich gebe in Taf. XIX, Fig. 36 die Abbildung einer solchen Zelle mit den Wänden ihrer Nachbarzellen, um die Menge und Vertheilung des blauen, durch dunkle Schattirung angedeuteten Farbstoffes zwischen den Zellwänden zu veranschaulichen.

Wirkliche Zellkerne in nackten Zellschläuchen fand ich in den Intercellularräumen der bistortenförmigen Zellen sehr junger Blätter verschiedener Liliaceen (besonders schön in denen von *Lil. candidum*), aus denen später das sternförmige Zellgewebe erwächst. Um sie aufzufinden, muss man die jungen Blätter lange in Karminwasser kochen und dann die Oberhaut, sorgfältig abgelöst, mit der Zellenseite nach

oben gewendet, auf der Objecttafel ausgebreitet, unter einer Decke von Glycerin betrachten.

In Fig. 35 gebe ich die Entwicklungsfolge dieser Organe, von oben nach unten fortschreitend. In der obersten Zelle sind andere als die normalen Intercellularräume zwischen je dreien Zellen noch nicht vorhanden. An der mittleren Zelle treten kleine Räume zwischen den Wänden der Nachbarzellen auch der Aus- und Einbuchtungen auf, in denen mehr oder weniger körnige, durch die Karminlösung roth gefärbte Körper lagern. In der unteren Zelle sind die Räume bedeutend grösser geworden. In ihnen sieht man dann nicht selten zwischen den Körnern einen deutlich und scharf begrenzten, kugligen Zellkern und diesen, wie die Körner seiner Umgebung, von den benachbarten Zellwänden durch eine gemeinschaftliche Schlauchhaut getrennt. In den Lücken zwischen dem sternförmigen Zellgewebe ausgewachsener, in Karmin gekochter Lilienblätter findet sich nur bisweilen eine, durch den Karmin gefärbte, feinkörnige Substanz, die wahrscheinlich Ueberrest jener Füllung der Räume in jungen Blättern ist.

In den cambialen Holzfasern der Kiefernknospe zeigen die jüngsten Holzfasern keine Spur einer Tipfelung. Man überzeugt sich leicht hiervon, wenn man die grossen Knospen üppig gewachsener Triebe von *Pinaster Laricio*, der Länge nach halbirt, so lange in Karminwasser kocht, bis die Fasern der Cambialschicht mittelst der Präparirnadel auf der Objecttafel sich leicht isoliren lassen. Die, wie die Laubholz-Holzfasern einfach getipfelte Cambialwandung der jüngsten Faserzellen (Taf. II, Fig. 43) führt in ihrem Schlauchraume einen ungewöhnlich grossen, langgestreckten Zellkern mit 5—9 in eine Reihe gestellten Kernkörperchen (a). In einem nächsten Entwicklungszustande verwandeln sich die Kernkörperchen des grossen Mutterzellkerns an einem der Enden desselben in viele, kleinere Tochterzellkerne (b), lösen sich vom Mutterzellkerne ab, unter Vermehrung der Kernkörperchen des letzteren durch Selbsttheilung, und bleiben im Schlauchraume zurück (c), während der Mutterkern in diesem sich langsam fortbewegt. Die in bestimmten Zwischenräumen zurückbleibenden Kleinkerne legen sich nun der Cambialwandung an, worauf letztere in einer nach innen gerichteten, ringförmigen Wandungsfalte über den angelagerten Zellkern allmählig hinauswächst (d, e, f) bis auf eine centrale Oeffnung, die in der Aufsicht auf den Tipfel durch den in-

neren Ring umschrieben ist. Die allmähliche Verengung des inneren Kreises ist sehr leicht zu verfolgen. Es ist dies im Kleinen derselbe Vorgang, durch den die Samenhaut über das Kernwärtchen bis auf die Mikropyle hinauswächst (Bot. Ztg. 1863, Taf. XI, Fig. 10; 1862, Taf. III). Durch Resorption desjenigen Theils der primären Zellwandung, dem die Kleinkerne sich anlagern, tritt der Kleinkern nach aussen, bildet sich dort einen Intercellularraum und tritt von diesem aus mit dem Zellschlauche der Nachbarzelle in Copulation.

Noch in anderer Weise findet hier eine Abschnürung des Zellkerns nach aussen statt, und zwar bei der Entstehung der secundären Markstrahlen im jungen Faserbündel. Ich muss die Darstellung dieses Gegenstandes einem anderen Orte vorbehalten und mich hier mit der Bemerkung begnügen: dass die in Fig. 43 bei g gezeichnete erste Zelle eines secundären Markstrahls Tochter des Zellkerns a ist.

Ich schliesse hiermit die Reihenfolge neuer Beläge für die Entstehung aller organisirten Gebilde aus vorgebildeten Organismen. Ihnen gegenüber dürfte sich wohl der Wunsch rechtfertigen, dass nun auch von Seiten der Protoplasmatiker controlirbare Beobachtungen für die, im Bereich des lebenden Pflanzenkörpers stattfindende Urzeugung beigebracht werden. Dass das Protoplasma eine der thierischen Sarkode analoge „flüssige Nichtflüssigkeit“ sei, kann als genügende Erklärungsweise wohl nicht betrachtet werden. In dem, was man gewöhnlich Protoplasma nennt, im strömenden Schlauchsaft der Pflanzenzelle erkenne ich einen an sich wasserklaren Saft, dessen Trübung herrührt von einer dicht gedrängten Menge unter 0,001 mm. langer, länglich elliptischer Körper (Milchsaftkörper), deren gleiche Grösse und Form auf eine, auch ihnen zuständige Organisation hindeuten, die aber allerdings jenseit der Grenze des der Beobachtung Zugänglichen liegt. Ich meine damit nicht die gröberen, im Schlauchsaft suspendirten und mit diesem fortgeführten Mehlkörper verschiedener Art, sondern viel kleinere, bestimmt, aber matt contourirte Körper, die man nur bei starker Vergrösserung, guter Beleuchtung unter starker Blendung sieht. Nichts berechtigt mich zu der Annahme, dass der Schlauchsaft an sich consistent oder schleimig sei. Weit eher könnte man dies vom Saft des inneren Zellraumes behaupten, der auch da, wo er Gerbstoff oder Farbstoff nicht enthält, bei Deckung der Querschnitte aus jugendlichem

Zellgewebe mit Glycerin, zu kugligen Massen von aussergewöhnlicher Lichtbrechung sich zusammenzieht.*)

Ein besonderes Gewicht hat man auf die Entstehung des Chlorophyllkorns aus formlosem, protoplasmatischem Stoffe gelegt. Wie leicht hier Täuschungen sind, wenn man nicht mit allen Hilfsmitteln experimentirt, mag das Nachfolgende ergeben.

In den sternförmigen Zellen der Lilienblätter (*Lilium lancifolium*) liegen farblose Tropfen, die man leicht für Fetttropfen hält. Unter Deckglas in Aether gebracht, färben sich die Kugeln leuchtend chlorophyll-grün, ohne irgend eine Structur erkennen zu lassen. Das ist auch der Fall, wenn man die Blätter kocht. Jede bistortenförmige Zelle der abgezogenen unteren Oberhaut enthält dann einen kugligen grünen Körper neben dem, durch die Karminlösung roth gefärbten Zellkerne; bringt man Stücke solcher Oberhaut unter Deckglas mit Alkohol in Berührung, dann erkennt man in den Kugeln ein System ineinandergeschachtelter künftiger Zellschläuche mit nach innen abnehmender Grösse der grünen Körner jedes Schlauches.

*) Leider habe ich bis jetzt, trotz aller Bemühungen, noch kein mikroskopisch benutzbares Reagens für diesen, im jugendlichsten Zellgewebe sehr allgemein vorkommenden Körper auffinden können.

Ueber den Bau der Pollenwandung und der Fovilla.

Von

Dr. Th. Hartig.

(Hierzu Tafel XIX, Fig. 8—32).

Schacht ist es, der die Musterarbeit Fritsche's über den Pollen vervollständigte durch Zeichnung von Querschnitten aus einem Magma von Pollenkörnern und Gummi. Indess sind Schacht's in dessen Pflanzenphysiologie, Taf. X, Fig. 1—20, gegebene Zeichnungen nicht so detaillirt und zahlreich, dass aus ihnen sich Ansichten über Entwicklungsweise der Pollenwandung herleiten lassen.*)

Die in meiner Arbeit „über den Füllkern“ gegebene Entwicklungsfolge des Pollenkorns von *Tradescantia virginica* führte mich zu gleichen Untersuchungen, deren Resultate ich in Nachfolgendem zusammenstelle.

Wie jede andere vollkommene Pflanzenzelle besteht der Blumenstaub aus einem, die Fovilla enthaltenden Zellschlauche und zweien, diesen einschliessenden Zellwandungen, deren äussere, in Bau und Bestand, lebhaft an die Oberhaut der Triebe und der Blätter erinnert. Ich werde zuerst vom Baue der Wandungen, dann vom Zellschlauche sprechen.

In allen mir bekannten Fällen besteht die Hülle der Pollenzelle aus zweien wesentlich verschiedenen, ineinandergeschachtelten, dicht an-

*) Es ist mir nicht bekannt, ob Schacht nach 1859 noch Mittheilungen über diesen Gegenstand veröffentlicht hat.

einanderliegenden Wandungen. Die äussere dieser beiden Wände, derb, gewissermaassen verholzt, meist gefärbt und mit oft sehr zierlichen Auswüchsen besetzt, lässt sich mit der Cuticula der Oberhaut an Blättern und Trieben, oder auch mit der primitiven Wandung der Holz- oder Bastfasern vergleichen. Wie diese zeigt sie häufig nach aussen gewendete, blind endende Tipfelcanäle (Fig. 13, 14) und ausser diesen, oder allein, grössere, rundliche, nur durch eine dünne Haut verschlossene Durchbrechungen für den Austritt des Pollenschlauchs, die mitunter durch einen Deckel von der Substanz der Aussenwand verschlossen sind (Fig. 9 und 12). Die innere Wandung hingegen ist stets ungefärbt, wie es scheint weicher, deutlich geschichtet und der inneren, secundären Zellwandung jeder Holz- oder Bastfaser entsprechend. Nicht allein unter den Schlauchpforten ist sie nach aussen und innen oft bedeutend verdickt (Fig. 9, 10) und innerhalb der Verdickung bis auf die Ränder deutlich gekörnelt, sondern es treten solche Weitungen in der Regel auch unter den Tipfelcanälen der Aussenwand auf (Fig. 13, 14). Ausnahmsweise geht die einfach körnige Structur des Innern der Weitung in die der Elementarkörper (*Oenothera*, Fig. 23, *Clarkia*, *Fuchsia*), noch seltener geht sie in gröbere Körner über (Figur 17, *Pelargonium*). Es ist auffallend, dass da, wo die Exine ausser den grossen Schlauchpforten noch durch eine Mehrzahl weiter Tipfelcanäle durchbrochen ist, wie z. B. bei *Malva* und *Mirabilis* (Fig. 13, 14), die Weitungen der Intine in der Verlängerung der Axe des Tipfelcanals liegen, *Mirabilis longiflora* giebt hierüber Aufschluss. Aussergewöhnlich dünne Querschnitte aus Gummimagma zeigen da, wo der Schnitt genau die Mitte der Weitung getroffen hat, am Innenrande der grössten Dicke eine leichte Einkerbung und einen, von dieser nach aussen verlaufenden, äusserst zarten Tipfelcanal, der im unverletzten Pollenkorn wahrscheinlich viel weiter ist und die Schlauchhaut der Fovilla durch sich hindurch lässt; wenigstens sehe ich in vielen Fällen letztere durch die Intine bis an die Aussengrenze der Exine hin erweitert und dort mit der Schliesshaut des Tipfelkanals verbunden. Man wird daraus wohl schliessen dürfen: dass auch in anderen, der Beobachtung weniger günstigen Fällen die Sache sich ebenso verhalte.

Eine ungewöhnliche Dicke besitzt diese innere Pollenwandung bei *Canna*, *Marantha* (Fig. 22), bei *Moraea* (*Pardanthus*) *chinensis*, *Tigridia*,

Funkia (Fig. 15). Ausser unzweifelhafter Schichtung erkennt man bei Moraea, Tigridia etc. durch radial gestellte, lichtere Streifen Tipfelcanäle, die bei Canna (Fig. 22) viel schärfer ausgeprägt sind und tiefen Einschnitten an der inneren Wandungsgrenze entsprechen. An sehr dünnen Querschnitten zeigt Moraea sehr deutlich die innere häutige Begrenzung der Innenwandung durch eine Reihe in sie verwebter Körnchen, die zum Theil eine bedeutendere Grösse besitzen, so dass ihre innere Hälfte in die Wandung selbst versenkt ist (Fig. 16). Diese innere Grenzhaut (Ptychode) erkennt man auch an Querschnitten von Canna. Sie trennt sich dort, wie Fig. 22 zeigt, leicht von der Wandung, ist aber nicht so scharf begrenzt, wie bei Moraea und Tigridia.

Ohne Zweifel stimmt diese Wandung in ihrem Baue vollkommen überein mit der Cellulosewandung gewöhnlicher Zellen. Schwefelsäure löst sie leicht, aber ohne die der Cellulose eigenthümliche, vorhergehende Expansion und ohne Reaction auf Jodlösung.

Schon hier zeigt sich also zwischen Pollenhaus und Zellwandung eine nicht zu verkennende Analogie. Ich habe gezeigt, dass die fertigen Holz- und Bastfasern stets aus zweien ineinandergeschachtelten Zellwänden bestehen, von denen die älteste, äusserste, im Verlauf der Verholzung auf geringe Dicke reducirt und in Schwefelsäure relativ unlösbar geworden, der Exine des Pollens entspricht, während die innere, dickere, in Schwefelsäure bis auf die Grenzhäute lösbare Zellwandung der Intine verwandt ist.

Behandelt man frischen und reifen Pollen mit verdünnter Schwefelsäure, dann wird bei vielen Arten der unter der Schlauchpforte lagernde, verdickte Theil der Innenwandung durch den hervordringenden, die Fovilla enthaltenden Zellschlauch hervorgedrängt, in ausgezeichnetster Weise bei Scabiosa, deren Pollen schon in Glycerin rasch drei Nothschläuche aus den drei Schlauchpforten austreibt, den, in pilzähnliche Fäden zerschlitzten Pfortendeckel zur Seite schiebend. Wo ausser den Schlauchpforten noch eine Mehrzahl grösserer Tipfelcanäle die Aussenwandung durchsetzen, wie bei Mirabilis (Fig. 14) und Malva (Fig. 13), da werden Weitungen der Innenwand häufig auch durch kleinere Canäle ausgestossen.

Das, was Fritsche „Zwischenkörper“ nennt, fällt in der Mehrzahl der Fälle mit dem zusammen, was ich als Weitungen der Intine darstellte. Bei den Geraniaceen und den Onagrarien sind den, unter

den Schlauchpforten lagernden Weitungen der Intine körnige Körper eingelagert, die bei *Geranium* durch Jodlösung blau, bei *Pelargonium* braun gefärbt werden. Karsten wies nach*): dass bei *Caelebogyne* und *Schachtea* die Zwischenkörper nicht in, sondern über der Intine, zwischen ihr und der Exine lagern. Ein prachtvolles Präparat des Pollens von *Schachtea*, das ich von Karsten erhielt, zeigt jedes der zahlreichen Pollenkörner mit drei, aus den Schlauchpforten durch den Fovillakörper hervorgedrückten Zwischenkörpern, deren Grösse den dritten Theil des Durchmessers der Pollenkörner beträgt. Manche dieser kugelförmigen Zwischenkörper besitzen das Ansehen kleiner Zellkerne, andere sind mit einer grösseren Zahl körniger Körper ausgestattet. Ob man diese Organe Zellen oder Tipfelzellen nennen will, kommt, wie bei Mohl, ganz auf den Begriff an, den man dem Wort „Zelle“ unterlegt. In Bezug auf deren Genesis bin ich mit Karsten so weit einverstanden, dass es in sich abgeschlossene, selbstständige Körper sind, denen sie ihr Entstehen verdanken. Darf man Schlüsse ziehen aus den frühesten Entwicklungszuständen des Pollenkorns von *Fuchsia*, so sind Bläschen mit einem Centralkörper, also das, was ich Elementarkörper genannt habe, ihr Anfang, schon zur Zeit erkennbar, wenn die Pollenzelle aus der Mutterzelle und Special-Mutterzelle eben frei geworden ist. Aehnliches wie *Schachtea* zeigt unter den leichter zugänglichen Pflanzen der Pollen von *Cephalanthus occidentalis*.

Fortlaufende Spaltungen der Innenwandung, so häufig in der Aussenwandung auftretend, habe ich bis jetzt noch nicht auffinden können. Bei *Marantha* sind die innersten Schichten der Intine etwas weiter von den äusseren getrennt als letztere unter sich.

Ueber die Bedeutung der Aussenwand (Exine, Fritsche) bestehen zwei verschiedene Ansichten, die nur darin übereinstimmen, dass diese Haut ein der Cuticula an Blättern und Trieben analoges Gebilde sei.

Mohl in seinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, 1834, betrachtete die äussere Pollenhaut als ein Aggregat von Zellen-Rudimenten, zusammengehalten durch eine Intercellularsubstanz. Gegen diese Ansicht trat zuerst Meyen auf (Pflanzenphysiologie, Bd. I, p. 163, Bd. III, p. 155). Nach ihm entstehen die Stacheln, Leisten, Warzen auf der äusseren Oberfläche einer einfachen, festen Membran

*) Gesammelte Beiträge, pag. 329, 408 etc.

(Bd. III, p. 155). Schleiden spricht sich bestimmter darüber aus, dass die Aussenhaut des Pollens Aussonderungsproduct sei und überträgt diese Ansicht auf die Cuticula auch der Blätter und Triebe (Grundzüge, 1842, Bd. I, p. 286, 288; 1845, Bd. I, p. 313 und 326). In seinen späteren Schriften hat sich auch Mohl dieser Ansicht angeschlossen (Grundzüge, 1851, p. 123).

Bereits in meinen Beiträgen zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzelle, 1843, trug ich eine hiervon abweichende Ansicht in Bezug auf die Cuticula der Blätter und Triebe vor, indem ich dieselbe als die, im Umfange aller Nachkommen fortwachsende Wandung der ersten Zelle jedes pflanzlichen Individuums deutete, von jenen ernährt durch die ihr anliegenden Zellen, wie der Pollenschlauch von aussen genährt wird durch das Zellgewebe des Griffels, der Nadelholzkeim durch das kappenförmig ihn bedeckende Endosperm.*) Nach dieser Ansicht besteht die Oberhaut wie jede Zellwandung aus zweien Grenzhäuten und der, zwischen ihnen lagernden Cuticularsubstanz. Erstere entstammen den beiden Schlauchhäuten des zum Zellschlauche entwickelten, ersten Zellkerns, die Cuticularsubstanz entspricht der Celluloseschicht und entstammt den Kernkörnchen des ersten Zellkerns. Die Tipfelcanäle und Spalträume der Cuticula entsprechen denen jeder anderen Zellwandung und sind wie letztere durch eine ursprüngliche Schlauchhaut verschlossen.

Diese Ansicht findet nun eine treffliche Bestätigung im Baue der äusseren Pollenwandung, die eine wirkliche Cuticula ist, daher auch eine Zellwandung, bestehend, wie diese, aus zweien Grenzhäuten und der zwischenlagernden Cuticularsubstanz, deren Elementarkörper durch

*) Wigand: Inter-cellularsubstanz und Cuticula, Braunschweig 1850, hat meine Angaben nicht richtig aufgefasst, wenn er p. 79 angiebt: die von mir angenommene, im Umfange aller nachgebildeten Zellen fortwachsende Urzelle des Individuums sei es, die meiner Angabe nach die Cuticula nach aussen absondere. Aus den in meiner „Vollständigen Naturgesch. der forstl. Culturpflanzen, Taf. 27—31 mitgetheilten Beobachtungen geht hervor, dass es die Wandung der ersten Zelle selbst ist, die fortwachsend zur Cuticula sich ausbildet, während dem Zellschlauche der Urzelle alle weitere Zellenmehrung entstammt. Nie und nirgends habe ich die Cuticula als ein Aussonderungsproduct erklärt und schon in meiner Schrift „Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen, 1843, p. 19“ ausdrücklich gesagt: „Ich halte die Cuticula für die im Umfange des pflanzlichen Individuums fortwachsende Urzelle, und deren verschiedene Schichtungen denen jeder anderen Zellwandung entsprechend.“

örtliche, nach bestimmten Gesetzen erfolgende Anhäufung oder gänzlichliches Aussetzen, wie in Spiralfaserzellen, die verschiedenartige Gestalt der Aussenwand bewirkt.

Es ist eine unbestreitbare Thatsache, dass einfachere Bildungen in ihrer Vollendung die früheren Bildungszustände höher entwickelter Organismen häufig repräsentiren, dass man daher aus der Zusammenstellung und Vergleichung fertiger Zustände verschiedenartiger Organismen gleicher Bedeutung, innerhalb gewisser Grenzen allgemeine Schlüsse ziehen darf auf den Entwicklungsverlauf zusammengesetzterer Formen. Von diesem Gesichtspunkte aus bitte ich Nachfolgendes entgegenzunehmen.

Die einfachsten Bildungen der Aussenwandung des Pollenkorns sind die vorherrschenden. Ich gebe in den Figuren 8 aus *Zea* und 22 aus *Canna* zwei Gegensätze. Bei *Canna* ist die Aussenhaut ungewöhnlich dünn. Sie besteht aus dicht nebeneinanderlagernden, aber geschiedenen Kügelchen aus Cuticularsubstanz, die durch eine Ober- und eine Unterhaut von nicht mehr messbarer Dicke zusammengehalten sind. In gleichen Intervallen zeichnen sich einzelne dieser Kügelchen durch gesteigerte Grösse aus, ohne einen anderen Unterschied. Es sind dies Stacheln auf niedrigster Entwicklungsstufe. Die feinsten Schnitte aus Gummi-Magma, in Wasser gelöst, dann mit verdünnter Schwefelsäure behandelt und mit Jodglycerin unter Deckglas gebracht, zeigen Reihenstellung der grossen Körner und liefern eins der prachtvollsten Präparate. Die grossen Körner sind 0,003, die kleinen kaum 0,001 mm. dick.

Bei *Zea* hat die, Fig. 8 der Schlauchpforte wegen etwas dick gezeichnete Aussenwand ebenfalls nur eine Dicke von 0,003 mm., erscheint aber selbst auf den feinsten Durchschnitten durchaus structurlos. Die Annahme: dass die bei *Canna* getrennten Elementarkörper hier untereinander verschmolzen sind, erscheint wohl nicht zu gewagt.

Bei *Cucurbita* (Fig. 9) ist die, ohne die Stacheln auch nur 0,003 mm. dicke Oberhaut für den Beobachter ebenfalls noch structurlos. Nur an der Basis der Stacheln und in den Grenzschichten der Schlauchpforte zeigen sich mitunter Spuren beginnender Zweispaltung.

Bei *Carduus* (Fig. 10) ist die ohne die Stacheln 0,005 mm. dicke Aussenwand bis in die Stacheln hinein von unregelmässigen Höhlungen vielfach durchsetzt, die bei *Georgina* (Fig. 11) zu einer einzigen

grossen Höhlung verschmolzen, bei *Scabiosa* (Fig. 12) regelmässig geordnet sind.

Wie die Entwicklungsfolge des Pollens der Malvaceen mir zeigte, ist die, durch *Carduus*, *Scabiosa*, *Cynara*, *Georgina* repräsentirte Theilung der Aussenwand¹ in eine Ober- und Unterwand (Exine und Intexine) keine ursprüngliche. Sie vollzieht sich in einer aus Elementarkörpern zusammengesetzten Substanz in ähnlicher Weise durch Bläschenbildung, wie die Theilung des Zellkerns durch Kernbläschen (Fig. 37—39). Dies beweist auch der Umstand: dass die Theilungsflächen häufig gegenüberstehend gezähgelt erscheinen, wie ich Fig. 11 unter a angedeutet habe. Es sind diese Zähne Ueberreste der Bläschenwände.

Ich darf hier wohl darauf zurückweisen: dass, auch an Zellen im engeren Sinne, Spaltungserscheinungen der sich verdickenden Zellwand schon im Jahre 1844 von mir nachgewiesen wurden (Das Leben der Pflanzenzelle, Taf. I, Fig. 52). Auch hierin tritt die Verwandtschaft der Cuticula mit der Zellwandung an's Licht.

Die Spaltung der Aussenwandung in eine Exine und Intexine ist vollendet bei *Malva* (Fig. 13) und *Mirabilis* (Fig. 14), bei *Gazania* (Fig. 20), *Cichorium* (Fig. 21) und vielen anderen Compositen. Bei den Malvaceen und Nyctagyneen ist es die Unterwand, bei den Compositen ist es die Oberwand, welche sich überwiegend weiter ausbildet. Bei *Mirabilis* deutet eine concentrische Bläschenschicht in der Unterwand, bei *Cichorium*, *Scorzonera* etc. eine solche in der Oberwand auf die Tendenz zu einer nochmaligen Spaltung beider.

Bei *Malva* (Fig. 13) und bei *Mirabilis* (Fig. 14), wie bei vielen anderen Pollenarten ist die Aussenwandung von zahlreichen Tipfelcanälen durchbrochen. Ob diese Tipfelcanäle auch durch die, an sehr dünnen Querschnitten sich mitunter ablösende Oberwand hindurchgehen, wage ich bis jetzt nicht zu sagen. Bei *Mirabilis* ist das entschieden nicht der Fall; es steht hier sogar ein kleiner Dorn der Oberwand genau in der Axe des Tipfelcanals der Unterwand. Die Querleiste, welche ich Fig. 14 in den Verlauf des Tipfelcanals der Unterwand gezeichnet habe, scheint mir nicht einen Verschluss, sondern nur eine Verengung desselben zu vermitteln.

*Bei *Mirabilis* (*Nyctaginea*) *longiflora* (die Fig. 14 gehört *M. Jappā* an) ist die concentrische Bläschenschicht der Unterwand häufig verschmolzen, so dass eine Trennung dieses Wandungstheils (Intexine)

in zwei Schichten vollendet ist. Der Zwischenraum zwischen beiden enthält dann reichlich Tropfen des gelben, durch Jodlösung sich grün und endlich blau färbenden Oeles, das durch die kleinen, bei *M. longiflora* weiteren und nach aussen verlaufenden Tipfelcanäle abgeführt wird. Man kann sich hier leicht überzeugen, dass das gelbe Oel Auflösungs- und Umbildungs-Product der Cuticularsubstanz ist.

Fig. 24 habe ich zu Fig. 13 die Aufsicht auf die Pollenwandung von *Malva* gezeichnet, um die mit mathematischer Genauigkeit bestimmte Stellung der, durch einfache Kreise bezeichneten Poren anzuzeigen, um deren Jede sechs Andere im Umkreise stehen. Zwischen ihnen verläuft, der Aufsicht auf regelmässiges Parenchym ähnlich, ein sechseitiges Netzwerk, über dem die Stacheln stehen; die grossen Stacheln, mit Ueberspringung je einer Ecke, im Dreieck um jeden Tipfel, dazwischen die kleinen Stacheln ebenfalls nur auf den Grenzlinien der Maschen stehend. Die Stellung der grossen Stacheln habe ich durch Punktkreise, die der kleinen Stacheln durch einfache Punkte kenntlich gemacht. (Als seltene Ausnahme hat Fritsche hier nicht richtig dargestellt.) Sehr auffallend ist es, dass man von dem, in der Aufsicht sehr deutlichen Maschwerke im Durchschnitte (Fig. 13) keine Veranlassung auffinden kann. Sie müsste in der Mitte zwischen je zweien Tipfelcanälen aufzufinden sein. Vielleicht liegt die Ursache allein in der dünnen Oberwand.

Bei *Oenothera*, *Clarkia*, *Fuchsia* etc. liegt die weite Schlauchpforte an der Spitze kurzer, ovaler Aeste des Pollenkorns, in deren Bereich die Aussenwandung nur aus einer soliden Schicht besteht, die am Grunde des Vorsprungs nach innen leistenförmig erweitert ist, wie dies Fig. 23 aus *Oenothera* bei a zeigt. Zwischen je zweien Vorsprüngen ist die Aussenwandung in eine Ober- und Unterwand gespalten, nur erstere stark gefaltet. Beide zeigen Weitungen, die Unterwand häufiger und in grösserer Erstreckung als die Oberwand, mitunter zu wirklicher Spaltung vorgeschritten. Bei eintretendem Verstauben löst sich die Cuticularsubstanz der, die Vorsprünge bedeckenden Aussenwandung in Elementarkörper auf, wie dies Fig. 23 unter b gezeichnet ist, wahrscheinlich zum erleichterten Austritt des Pollenschlauches.

Bei *Fuchsia* ist die Aussenwandung in ihrem ganzen Verlaufe ungetheilt.

Eine zweite Entwicklungsreihe, die ich ebenfalls an *Canna* (Figur 22) anknüpfen möchte, spricht sich darin aus, dass Elementarkörper der Aussenwandung, durch Blasenräume sich vergrössernd, die Cuticularsubstanz mehr oder weniger, nach aussen hin häufig ganz verdrängen. Im letzteren Falle ist dann der Raum nach aussen nur von Häuten begrenzt. Im eiförmigen Pollen der *Amaryllideen* sind die Spitzen desselben structurlos; das Netzwerk der Mitte und dessen allmähliche Verkleinerung nach der structurlosen Masse hin macht durchaus den Eindruck von Blasenräumen, die sich in einer scheinbar homogenen Substanz entwickelt haben. In der Aufsicht zeigen die wesentlichen Verschiedenheiten dieser Bildung: Fig. 28 aus *Crocus*, *Convolvulus*, *Tradescantia* etc., Fig. 29 aus *Phlox*, Fig. 26 aus *Funkia*, Fig. 27 aus *Lilium*, Fig. 25 aus *Martynia*; im Durchschnitte: Figur 15 aus *Funkia*, Fig. 16 aus *Lilium*, Fig. 17 aus *Pelargonium*, Figur 18 aus *Martynia*, Fig. 19 aus *Salvia*.

Bei *Salvia* (Fig. 19) ist die Verdrängung der Cuticularsubstanz durch die kugligen Blasen nach allen Seiten hin eine ziemlich gleichmässige. Bei *Martynia* (Fig. 18) ist sie nach aussen eine viel stärkere, häufig bis zu gänzlichem Aussetzen. Hier kommt es auch nicht selten vor, dass die Verdrängung nach unten eine vollständige ist, in welchem Falle die Maschen des Netzwerks (Fig. 25) allein durch Wände gebildet sind, die senkrecht zur Aussenfläche stehen. Indess ist dies eine seltene Ausnahme. In der Regel findet die Verdrängung der Cuticularsubstanz nur nach oben hin statt, in allen Uebergangsbildungen, besonders bei *Funkia* und *Tigridia* (Fig. 15); durch Umkippungen, ähnlich der Spiralfaser, ausgezeichnet bei *Pelargonium* (Fig. 17). Tritt dazu noch eine theilweise seitliche Verdrängung der Cuticularsubstanz, dann kann der Fall eintreten, dass kuglige Ueberreste letzterer, wie Knoten in einer Leine, die Aussengrenze der Wandung bilden (Fig. 16 rechts, aus *Lilium*).

Alle diese, wie die citirten Figuren zeigen, nicht selten an ein und demselben Pollenkorne ineinander übergehende Formverschiedenheiten erinnern lebhaft an die Spiralfaserbildung wirklicher Zellen. Auch dort sind es zwei Häute, welche die Cellulosesubstanz einschliessen und am Grunde der Tipfel zu einer Haut verwachsen; auch dort bildet die Cellulosesubstanz die verschiedenartigsten Vorsprünge nach innen, wie sie die Cuticularsubstanz hier nach aussen entwickelt.

Ob man mit Mohl die zelligen Räume als Zellenrudimente oder Zellenanfänge betrachten will, kommt ganz auf den Begriff an, den man dem Wort „Zelle“ unterlegt. Gewiss ist ihnen eigenthümliche Organisation und selbstständige Function nicht abzusprechen, und das häufige Vorkommen eines (Fig. 29) oder mehrerer Centrankörper (Fig. 29) in ihrem Innern deutet auf einen zusammengesetzteren Bau, als ihn unsere optischen Hilfsmittel erkennen lassen. Indess dürfte es doch rathsam sein, den Begriff der Zelle nicht auf diejenigen Organismen auszudehnen, die Bestandtheile dessen sind, was wir gewöhnlich Pflanzenzelle nennen: die nächsten Zusammensetzungstheile der Pflanze.

Die Aufsicht auf die Pollenhaut vieler Liliaceen, z. B. von *Funkia* (Fig. 26), von *Lilium* (Fig. 27), bei denen das Netzwerk nicht wie bei den *Amaryllideen* ununterbrochen, sondern gekörnelt ist, kann leicht zu der Ansicht führen, es bilde sich das Netzwerk durch Zusammentreten molecularer Elementarkörper. Abgesehen von meinen noch sehr beschränkten Erfahrungen über den Entwicklungsverlauf einzelner Pollenarten, die dieser Ansicht nicht günstig sind, bestimmt mich zu der voranstehenden Deutung besonders der Umstand, dass das Netzwerk, so verschiedenartig es gestaltet sein mag, mit seltenen Ausnahmen einer gemeinschaftlichen Basis entspringt (Fig. 15—19), die in der Aufsicht nicht erkennbar ist; ferner das, in vielen Fällen unzweifelhafte Vorhandensein einer freien, äussersten Grenzhaut.

In der Aussenwandung des Pollens vieler Compositen, z. B. Fig. 20 aus *Gazania*, Fig. 21 aus *Cichorium*, *Scorzonera*, vereinen sich die beiden besprochenen Entwicklungsformen. Durch Spaltung hat sich eine Oberwand von einer Unterwand bis auf die Ränder der Schlauchpforten vollständig getrennt, in der Oberwand, und nur in dieser, ist die Bildung weiter vorgeschritten, durch Blasenräume mannigfaltiger Form und Anordnung.

Es bleibt nur noch des Falles zu erwähnen, in welchem die Aussenwandung in Felder getheilt ist, nicht durch das Netzwerk der Cuticularsubstanz, sondern durch Aussetzen dieses letzteren. Am ausgezeichnetsten ist dies der Fall bei *Martinia* (Fig. 25 und 18), aber auch bei *Catalpa*, *Thunbergia*, *Salvia*. Der Durchschnitt aus der Pollenhaut von *Martynia* (Fig. 18) zeigt die Ursache des Aussetzens in Vereinigung der Schlauchhaut des Fovillakörpers mit der äussersten Grenzhaut der Aussenwandung, in ähnlicher Weise wie die äussere

Schlauchhaut des Zellschlauches den Schliesshäuten der Tipfelcanäle adhärirt (Taf. XIX, Fig. 41, 42). Die matte, aussetzende Schattirung zwischen den einzelnen Netzwerk-Complexen in Fig. 25 ist daher zu vergleichen mit den von Cellulosesubstanz freien Flächen der Spiralfaser- oder Tipfelzelle. Hierher auch *Passiflora*. Bei *Thunbergia* sind diese, zwischen dem spiralig geordneten Cuticularbande liegenden, die Bandränder verbindenden Hautflächen von einer Längsreihe kleiner Bläschen noch einmal unterbrochen. Zwischen den Reihen derselben, in unregelmässigen Abständen stehen grössere Bläschen mit ausgeprägtem Centralkörper.

Die Ansicht, dass die Aussenwandung Aussonderungs-Product sei, steht in nächster Beziehung zu derselben Ansicht über Entstehung der Cuticula über Blättern und Trieben. Diese Ansicht setzt voraus, dass der Stoff für die Bildung der Cuticula hier wie dort als eine Flüssigkeit von der Zelle abgeschieden werde und sich dann erst zur organischen Form gestalte, dass die Cuticula in dieser Form noch ernährt werde, fortwachse und durch Theilung sich zu mehren vermöge. Denn dass dies der Fall sei, lehrt die unmittelbare Entwicklungsfolge der Pollenhaut. Die grossen Stacheln auf der Oberfläche des Pollenkorns von *Malva* sehe ich schon zur Zeit, wenn das Korn aus der Special-Mutterzelle eben hervorgetreten ist, und zwar in einer, der Beobachtung beinahe entschwindenden Grösse. Dass sie von da ab noch wachsen, also ernährt werden, ist zweifelsfrei; dass dies Wachsen nicht auf Apposition beruhe, lehrt der Augenschein.

Wäre jene Ansicht über Entstehung der Cuticula richtig, dann läge darin eine wesentliche Erweiterung der Protoplasma-Theorie, insofern damit erwiesen wäre, dass organisirte Körper nicht allein im Bereich der lebendigen Zelle, sondern auch auf deren Aussenfläche, also ausserhalb der Zelle, aus formlosen Stoffen, aus Urschleim sich bilden können. Das Material zu mehren für die Beweisführung, dass dies nicht der Fall ist, dass das Pollenhaus wie die Cuticula der Blätter und der Triebe einheitliche Zellwandung sind, ist der Zweck vorstehender Mittheilungen.

Die Fovilla, eingeschlossen in eine sehr zarte äussere Hüllhaut, ist selbst im frischen, reifen Pollen keine Flüssigkeit, sondern ein ziemlich fester, elastischer, mitunter sogar spröder Körper. Abgesehen von den Einschlüssen, von denen ich bereits in der Arbeit „über den

Füllkern" gesprochen habe, besteht die Randschicht der Fovilla aus Elementarkörpern, die wenigstens in vielen Fällen zu Fäden und Bändern geordnet sind. Scheibenschnitte aus einem Magma von Pollen und Gummi in Glycerin gelöst, zeigen bei Cichorium, Scorzonera, Datura, Convolvulus, Dianthus, Canna und vielen anderen Pollenarten, besonders aus der Familie der Compositen, die äusseren Lagen der Fovilla in einem Spiralbände, dessen Bänder aus nebeneinanderliegenden Fäden zusammengesetzt sind, deren jeder eine Zusammensetzung aus Körnern oder Elementarkörpern deutlich erkennen lässt. Fig. 30 habe ich den Fovillakörper aus dem Pollen von Cichorium gezeichnet, den aus der Schnittfläche des Pollenhauses hervorgequollenen Fovillakörper etwas grösser, als er im Verhältniss zum Hause in der Wirklichkeit ist.

Der Pollen von Anagallis, reif und frisch in das Wasser des Deckglases gebracht, treibt sofort einen sehr langen Nothschlauch aus, der erfüllt ist mit einer einfachen oder doppelten Reihe von Elementarkörpern (Fig. 31). Nach wenigen Secunden verwandelt sich jeder Elementarkörper in ein grösseres einfaches Bläschen, mit deren Haut kleine Körner verwebt sind, wie dies allen einfachen Zellhäuten (im Gegensatz zu den Celluloseschichten) zuständig ist.

Aus der Anthere in Wasser gebracht, entleert sich das Pollenkorn der Fovilla in verschiedener Weise: entweder unter Sprengung aller Hindernisse als eine, durch Wasseraufnahme verflüssigte Substanz, oder schlauchförmig durch den nicht gesprengten Zellschlauch, oder eingeschlossen ausserdem noch in die hervortretende Intine, letzteres in ausgezeichneter Weise bei Avena, Datura, Scabiosa. Aus Pollen von Malva oder Mirabilis, frisch in Glycerin gebracht und abs. Alkohol zugegeben, treten mitunter grosse Mengen von solchen Nothschläuchen gleichzeitig aus den weiträumigen Tüpfelcanälen der Wandung hervor.

Solche Nothschläuche mit hervorgetriebener Intine, durch welche sogar die Exine, mitunter bis zur doppelten Länge des Pollenkorns, schlauchförmig erweitert wird, wo sie dünn und dehnbar ist, z. B. am Pollenkorn von der Canna-Narbe, mögen Veranlassung zu der Annahme gewesen sein: dass auch an dem auf der Narbe normal entwickelten Pollenschlauche die Schlauchwandung aus der erweiterten Intine gebildet werde. Es ist dies wenigstens nicht überall der Fall. Pollen mit sehr dicker Intine, z. B. der von Canna, Crocus, Tigridia,

Funkia, Moraea, in Glycerin aus den Narben-Papillen ausgewaschen, zeigen unverkennbar ein Durchbrechen der Intine und Exine durch den hervorwachsenden Pollenschlauch und die Entstehung der Schlauchwand aus den spiralig geordneten Elementarkörpern der Grenzschichten des Fovillakörpers. Ein ausgezeichnet beweiskräftiges Material bieten die der Narbe entnommenen Pollenzellen von Canna. Die Papillen, durch einen Längsschnitt vom Griffel getrennt, in Glycerin ausgewaschen, liefern grosse Mengen Schlauchpollen in allen Entwicklungszuständen des Schlauches. Mit Jodzusatz unter Deckglas gebracht, lässt sich die Bildung der Schlauchwandung aus der Spiralschicht der Fovilla noch im Innern des Pollenkorns Schritt vor Schritt verfolgen, durch die anfänglich braune, mit fortschreitender Ausbildung verblassende Färbung durch das Jod. Die im Umfange des Fovillakörpers neu entstandene Wandung legt sich der Intine dicht an und wächst an der Durchbrechungsstelle, die schon vorher durch eine linsenförmige Verdickungsstelle des Randes der Fovilla angekündigt ist, mit der Schlauchhaut letzterer nach aussen. Ich vermag Pollenkörner aufzuweisen, an deren, bis zur Länge des Pollendurchmessers ausgewachsenen Schläuchen die körnige Spiralstructur der Wandung noch erkennbar ist. Es ist damit die Bedeutung der spiraligen Aussenschicht der Fovilla an's Licht gestellt: als künftige Wandung des Pollenschlauches.

Am Pollen der Martynia-Narbe erkennt man die spiralige Structur des Fovillakörpers, oder vielmehr der Grenzschicht desselben auf's Deutlichste an der Spitze schon bedeutend verlängerter Pollenschläuche und zwar bis zur äussersten Grenzlinie derselben sich erstreckend, während an den ältesten Theilen des Schlauches die Cellulosewandung ihre wasserklare Beschaffenheit erhalten hat. Auch Tigridia ist sehr instructiv, nicht allein durch die Dicke seiner Intine, sondern auch dadurch, dass sich die Exine leicht löst. Man muss aber den Pollenschlauch in seinen früheren Entwicklungszuständen beobachten, denn später, wenn er eine bedeutende Länge erreicht hat, legt sich seine Wandung der Innenfläche des Pollenhauses dicht an und die alsdann letzterem nahezu gleiche Grösse und Form des hinteren Schlauchendes giebt zu Verwechselung Anlass.

Bei Marantha bildet sich die Schlauchhaut des Fovillakörpers schon im ungekeimten Pollenkorne zu einer wasserklaren, spiralig ge-

stalteten Hülle, die sich bei Behandlung des Pollens mit Glycerin von der sehr dicken Intine zurückzieht.

Ich habe gezeigt, dass die Celluloseschichten aller Zellen aus einem spiralig geordneten Bande bestehen (Astatheband), dass der Unterschied zwischen Spiralfaserzellen und geschlossener Zellwandung nur beruhe auf einer mehr oder weniger dichten Aneinanderlagerung und Verwachsung der Ränder des Bandes, das aus mehreren parallel-läufigen, aus Primitivkügelchen zusammengesetzten Primitivfasern bestehe. (Ueber Bestand und Wirkung der explosiven Baumwolle, Braunschweig 1847, erste Darstellung des Collodium.) Die Grenzschichten der Fovilla zeigen nun einen, dem entsprechenden, zusammengesetzten Spiralbau (Fig. 30). Sie sind es, die weiterhin zu der Aussenwandung des Pollenschlauches sich fortbilden. — Darüber später mehr.

Ein Rückblick auf das vorstehend Mitgetheilte ergibt:

1. Dass der im reifen Pollenkorne feste Fovillakörper, dessen Einschlüsse ich in der Abhandlung über den Füllkern beschrieben habe, von einer ihm angehörenden Schlauchhaut eingeschlossen ist, aus der später die Aussenwandung des Pollenschlauches erwächst, dass diese Schlauchhaut aus Elementarkörpern entsteht, die sich in Reihen aneinanderfügen, deren eine Mehrzahl zu einem spiralig geordneten Bande sich vereinen, das meist erst beim Heranwachsen des Schlauchs zur wasserklaren, scheinbar structurlosen Wandung verwächst.

2. Dass der Fovillaschlauch eingeschlossen ist in ein doppelwandiges Pollengehäuse, dessen äussere Wandung, die Exine, der primären Wandung, dessen innere Wandung, die Intine, der secundären Wandung jeder Holzfaserzelle verwandt sind; dass die Exine allein als ein der Cuticula an Blättern und Trieben verwandtes Gebilde betrachtet werden darf. Ganz gewiss ist sie kein Aussonderungsproduct, eben so wenig wie die Cuticula.

3. Dass die Formbildung, wie die Spaltungen der Exine, auf Bläschenbildung aus den Kernkörpern dieses Wandungstheiles beruhen.

4. Dass fortlaufende Spaltungen der Intine mir bis jetzt noch nicht zur Anschauung gelangt sind, Aehnliches aber bei den Maranthaceen vorhanden ist.

5. Dass Zwischenkörper in den von Karsten bezeichneten und einigen anderen Fällen als gesonderte, zwischen Exine und Intine lagernde Körper unzweifelhaft vorhanden sind, dass ich aber die Allgemeinheit ihres Vorkommens bis jetzt noch nicht bestätigen kann.

Entlaubungs-Versuche an der Weymuth-Kiefer, im forstlichen Versuchsgarten bei Braunschweig.

Von

Dr. Th. Hartig.

In No. 10 der Botanischen Zeitung von v. Mohl u. v. Schlechtendal, Jahrgang 1862, habe ich über die Erfolge vollständiger Entästung und Entnadelung 20 Fuss hoher Weymuthkiefern berichtet, die im Frühjahr 1860, bis auf den terminalen Knospenquirl, aller tieferen Knospen und aller Seitenäste, daher auch aller Nadeln beraubt wurden. Wie ich aus vorhergegangenen Versuchsreihen voraussehen konnte, hatte im ersten Sommer nach der Entlaubung eine wesentliche Verminderung der Triebbildung, aus den terminalen Knospen, und der Holzringbreite in allen Schaftheilen nicht stattgefunden; die im vorhergehenden Jahre bereiteten und im Stamme abgelagerten Reservestoffe hatten ausgereicht, den vollen Jahreszuwachs am Schafte herzustellen; die geringe, aus dem terminalen Blattquirl entwickelte Laubmenge hatte genügt zur Unterhaltung der für die normale Ausbildung des Zuwachses nöthigen Saftbewegung. Einige Stämme, denen auch der terminale Knospenquirl entnommen war; erhielten sich während des ganzen nächsten Sommers saftvoll und in allen Rindetheilen turgescirend; es hatte an ihnen aber weder eine Lösung des Reservemehls noch irgend eine Neubildung stattgefunden, woraus erhellet, dass an den übrigen Versuchsbäumen die aus einem Knospenquirl entwickelte Laubmenge genügt hatte zur Unterhaltung derjenigen Vegetations-Processe, die der Reservestofflösung und der Verwendung der Reservestoffe auf die normalen Neubildungen dienstbar sind. Dagegen konnte die abnorm verminderte Blattmenge eine, für den nor-

malen Zuwachs ausreichende Menge von Reservestoffen für den zweiten Sommer nach der Entnadelung nicht bereiten, in Folge dessen die Triebe und Blätter dieses zweiten Sommers sehr kurz und schwächlich blieben, eine Holzringbildung am Schafte, vom Gipfel abwärts kappenförmig nur bis zum 4jährigen Triebe stattgefunden hatte.

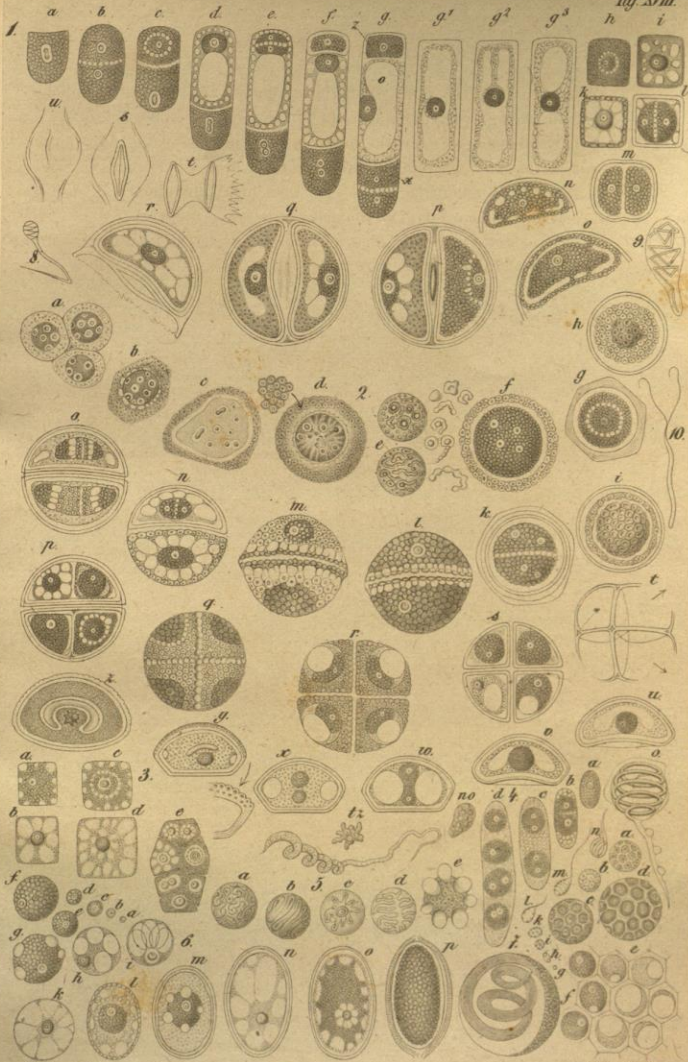
Ich erlaube mir, hier in der Kürze die Zuwachsresultate der nachfolgenden Jahre mitzutheilen.

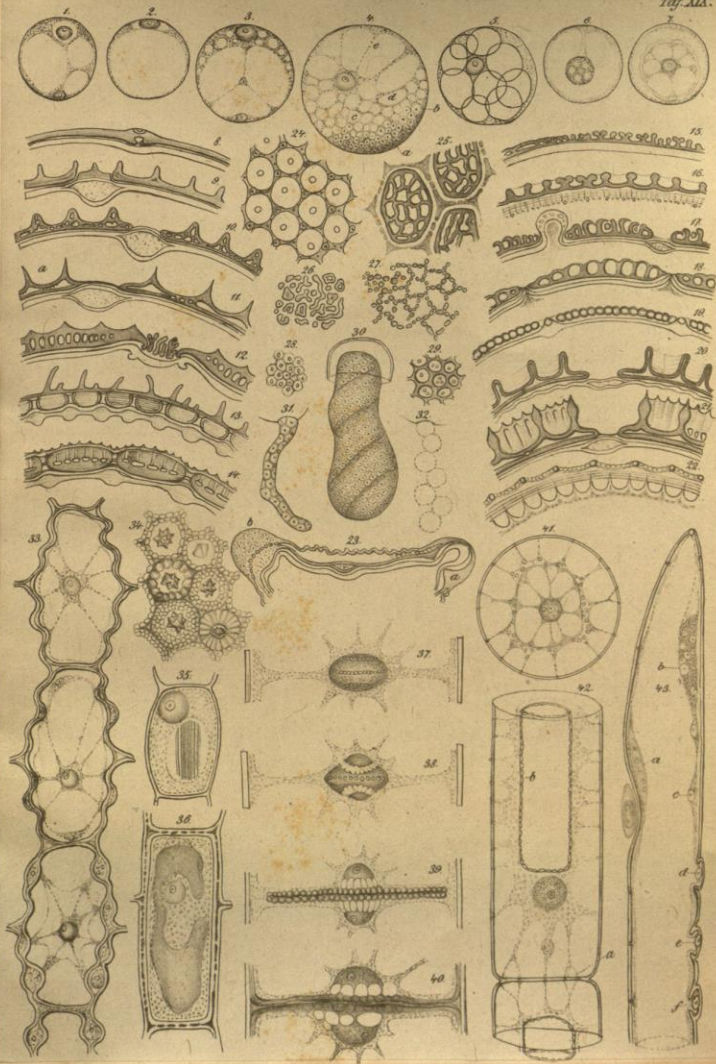
Die Triebe und Blätter der letztverflossenen Jahre haben nahezu ihre normale Grösse wieder erlangt und bilden eine dicht belaubte Krone von pptr. 3 Fuss Höhe und 2 Fuss Durchmesser. Vom zweiten Jahre nach der Entlaubung ab, in jedem folgenden Jahre, hat sich der ihm angehörende Holzring als kappenförmiger Ueberzug des vorhergebildeten Holzringes tiefer nach unten entwickelt. Vor 2 Jahren war er bis auf 5 Fuss über dem Boden ausgebildet; jetzt, im Herbst des siebenten Jahres nach der Entlaubung, ist er bis in den Wurzelstock hinabgestiegen. Die Messung und Zählung der Zeit der Entnadelung gebildeter Holzringe am gedachten Stamme ergibt:

An dem damals termin. Jahrestriebe 7 Holzringe, zus. 14 mm. breit.

In der Mitte der Schaftlänge	5	„	„	6	„	„
Dicht über dem Boden	3	„	„	1	„	„
Wurzel 1 Zoll dick	1	„	„	$\frac{1}{4}$	„	„
Wurzel $\frac{1}{4}$ Zoll dick	0	„	„	0	„	„

Dieser Versuch hat seine Endschaft erst dann erreicht, wenn die Versuchsbäume dieselbe Zuwachsmasse in normaler Weise alljährlich ausbilden werden, wie die benachbarten nicht entlaubten Bäume desselben Bestandes. Die Laubmenge der Versuchspflanzen des betreffenden Jahres wird dann zeigen, wie vieler Blätter Bäume gleicher Art und Grösse bedürfen, um den normalen Zuwachs zu erzeugen, und das ist eine für viele forstliche Betriebsfragen sehr wichtige und einflussreiche Erfahrung, der wir unter Anderem auch eine wissenschaftliche Grundlage der Erzeugung und Erziehung unserer Wälder in lichterem oder gedrängterem Pflanzenstande abgewinnen werden. Dass derartige Versuche an Bäumen verschiedener Art und verschiedenen Alters angestellt werden, ist daher sehr wünschenswerth.









KODAK GRAY SCALE



black

3-color

white

cyan

violet

magenta

primary red

yellow

green



KODAK COLOR CONTROL PATCHES



These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.